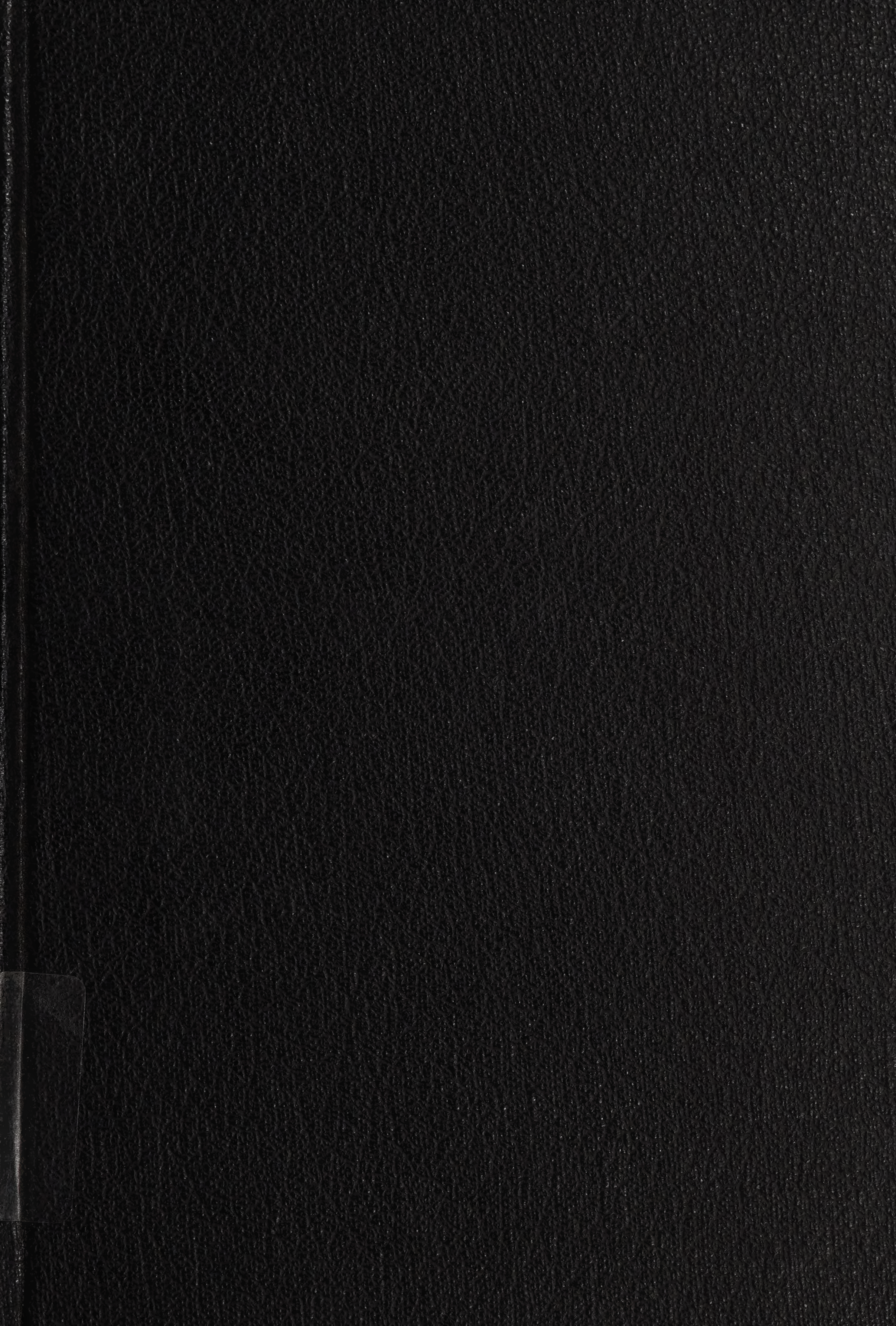
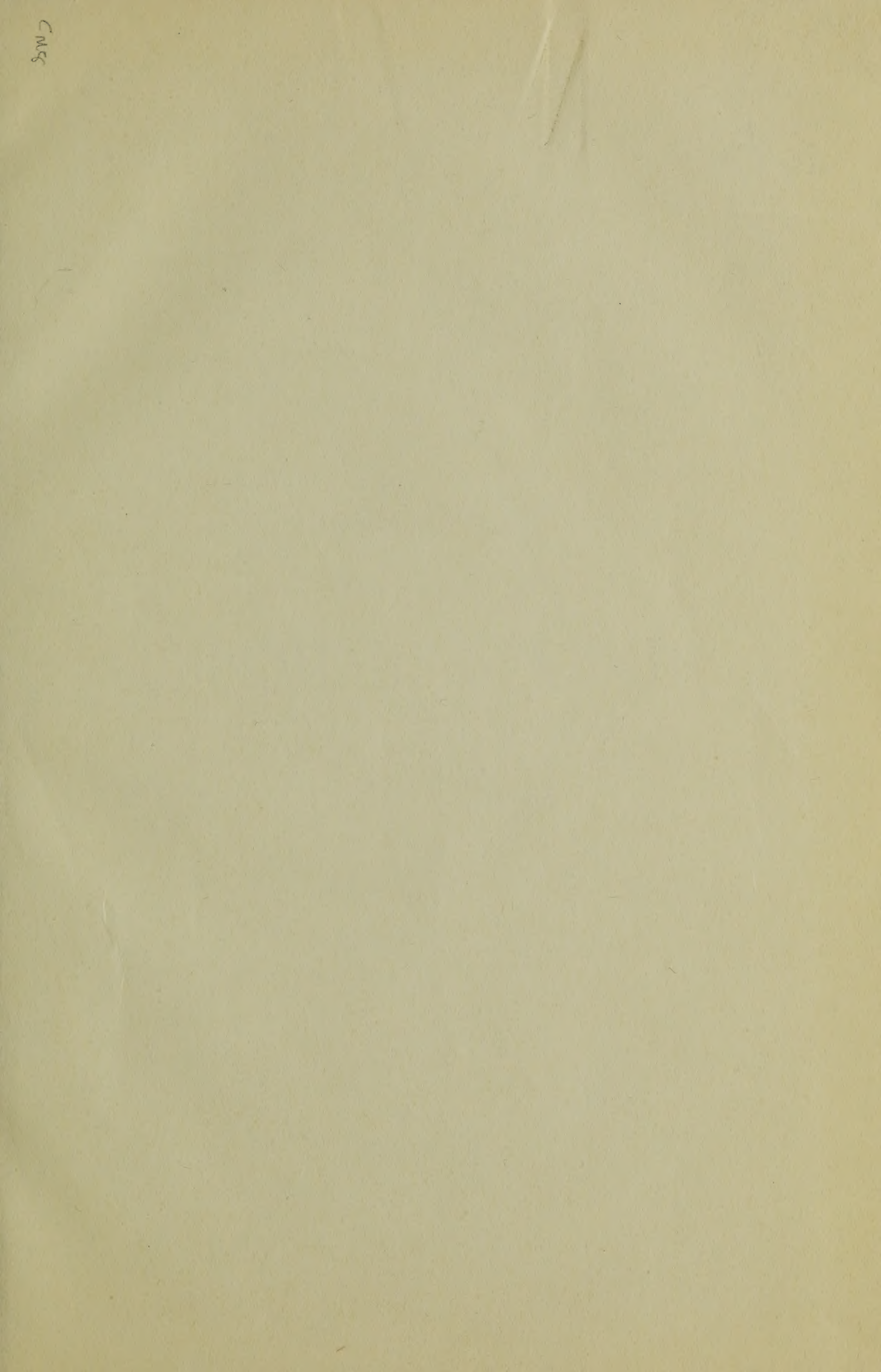
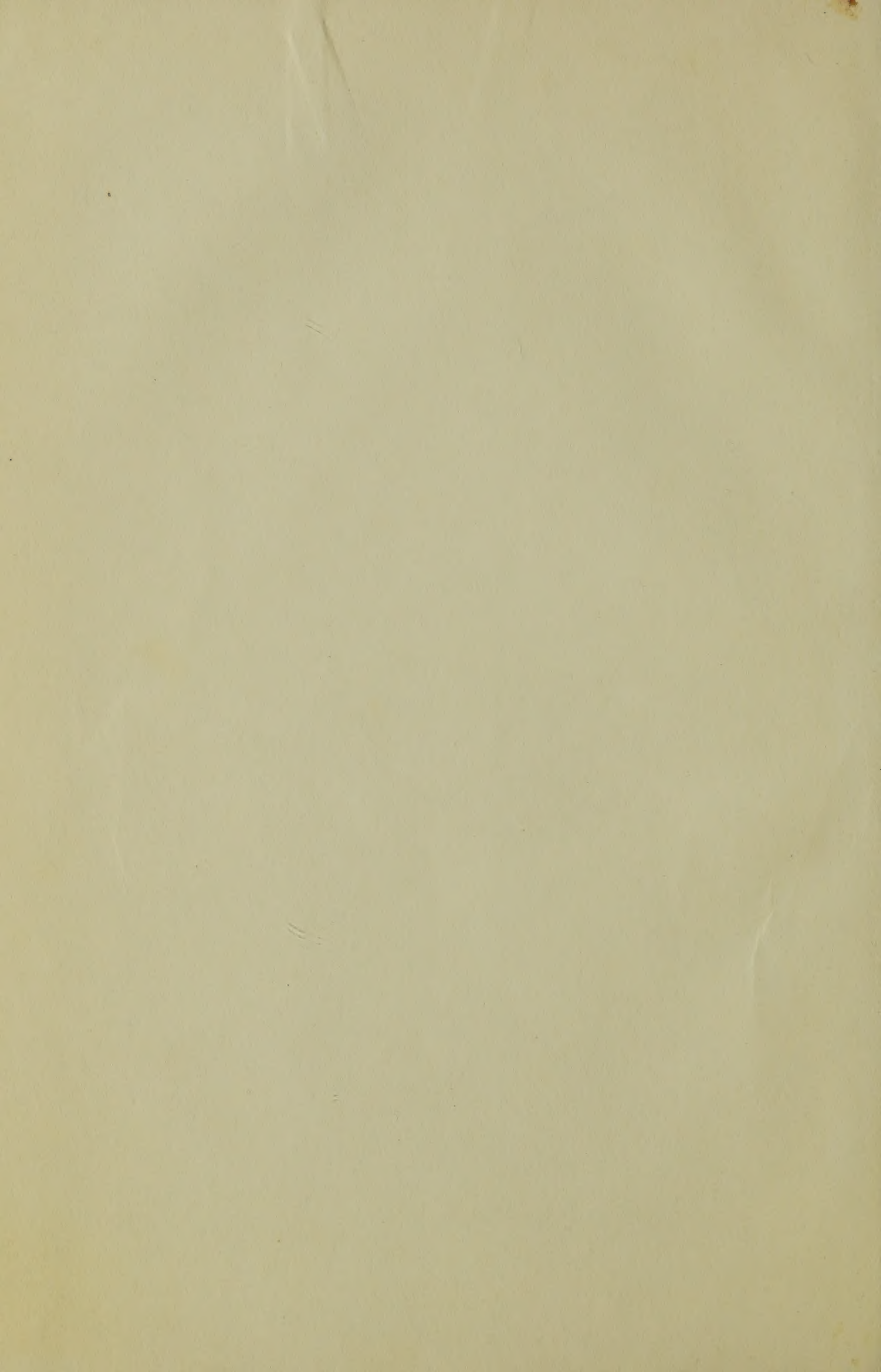








ВВЕДЕНІЕ

КЪ ИЗУЧЕНІЮ

СОВРЕМЕННОЙ ХИМІИ

ВВЕДЕНІЕ

КЪ ИЗУЧЕНІЮ

СОВРЕМЕННОЙ ХИМІИ

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ И ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ

КУРСЪ

ЧИТАННЫЙ ВЪ КОРОЛЕВСКОМЪ ХИМИЧЕСКОМЪ ИНСТИТУТѢ ВЪ ЛОНДОНѢ

А. В. ГОФМАННОМЪ

ПРОФЕССОРОМЪ ХИМІИ ПРИ БЕРЛИНСКОМЪ УНИВЕРСИТЕТѢ

ПЕРЕВОДЪ ПОДЪ РЕДАКЦІЕЮ

Ѳ. САВЧЕНКОВА

СЪ 65 РИСУНКАМИ ВЪ ТЕКСТѢ

С. ПЕТЕРБУРГЪ

ИЗДАНІЕ О. И. БАКСТА

1866

Дозволено цензурою. С. Петербургъ, 9 Сентября 1866 г.

ПРЕДИСЛОВІЕ.

Въ 1865 году профессоръ Гофманнъ издалъ въ Лондонѣ, подъ названіемъ «Introduction to modern chemistry, experimental and theoretic», вступительную часть своего химическаго курса, читаннаго студентамъ англійской горной школы; а въ началѣ 1866 года, оставивши Англію и принявъ каѳедру химіи въ Берлинскомъ университетѣ, онъ издалъ свое „Введеніе къ изученію современной Химіи“ и на нѣмецкомъ языкѣ, при чемъ три послѣднія главы его книги были значительно исправлены и дополнены.

Въ предисловіи къ англійскому изданію этой книги Гофманнъ указываетъ на обстоятельства, при которыхъ она явилась въ свѣтъ и на особенности въ изложеніи, вызванныя этими обстоятельствами.

Въ теченіи послѣднихъ двадцати пяти лѣтъ, говоритъ Гофманнъ, химія подверглась глубокому преобразованію, сопровождаемому тою судорожною борьбою, которая на политическомъ языкѣ называется революціею. Среди постояннаго, быстраго накопленія многочисленныхъ и разнообразныхъ фактовъ, химія разработывала свои законы, частію вслѣдствіе сильно

сознаваемой необходимости такой разработки, частію вслѣдствіе толчковъ, даваемыхъ теоретической химіи немногими философскими умами.

Изслѣдованіе объемныхъ отношеній въ совокупности съ вѣсовыми отношеніями, въ которыхъ образуютъ соединенія нѣкоторые элементы, открытіе немногихъ, рѣзко выдающихся типовъ соединеній внесло въ химію плодотворную идею классификаціи, отразившуюся въ открытіи естественныхъ группъ и въ приведеніи въ систему фактовъ, разбросанныхъ до того въ хаотическомъ безпорядкѣ. Подъ вліяніемъ новыхъ идей явились новые взгляды на конституцію и химическія свойства матеріи; слѣдствіемъ ихъ была необходимость въ измѣненіи химическихъ формулъ; сходство въ строеніи, до того неподозрѣваемое, сблизило между собою такія соединенія, которыя прежде считались совершенно различными.

Въ наукѣ, какъ и въ обществѣ, говоритъ Гофманнъ, духъ нововведеній, принадлежащій молодости, встрѣчаетъ противодѣйствіе въ консервативныхъ стремленіяхъ, существенно характеризующихъ зрѣлый возрастъ. Отъ сильнаго столкновенія съ враждебными взглядами, новыя начала, между первымъ ихъ появленіемъ и окончательнымъ принятіемъ, выдержали сильную борьбу, чѣмъ доказали свою твердость и живучесть.

Немного лѣтъ тому назадъ, область химической философіи, вмѣсто даннаго природою поприща для мирнаго труда человѣчества, представляла поле битвы. Новыя идеи, являющіяся одна вслѣдъ за другою и невсегда чуждыя ошибокъ, при своемъ первомъ появленіи, были встрѣчаемы приверженцами прежнихъ химическихъ ученій какъ неосновательное возмущеніе противъ установившихся мнѣній. Сопротивленіе, которое встрѣчали новые взгляды, побуждало къ новымъ изслѣдованіямъ,

которыя производили быстрыя измѣненія въ химическихъ теоріяхъ. Въ настоящее время новыя доктрины пріобрѣли полное гражданство въ наукѣ и постоянно продолжающееся распространеніе ихъ въ Европѣ обѣщаетъ долго волновавшейся химіи періодъ относительнаго спокойствія.

Среди этой борьбы прошла дѣятельность Гофманна, какъ ученика и учителя; своими работами онъ содѣйствовалъ успѣхамъ новыхъ взглядовъ; его лекціи въ продолженіи многихъ лѣтъ, по его словамъ, представляли родъ туманныхъ картинъ, такъ какъ въ нихъ, подобно двумъ пейзажамъ, одному исчезающему и другому являющемуся, совмѣстно представлялись и старые и новые взгляды химіи; понятно, что при такихъ обстоятельствахъ, несмотря на желаніе слушателей, лекціи его не могли явиться въ печати.

Когда новыя начала утвердились въ химіи, Гофманнъ рѣшился издать въ свѣтъ вступительную часть своего курса, имѣющую цѣлью изложить руководящія начала химіи. Не входя въ излишнія подробности и не представляя энциклопедическаго сборника фактовъ, Гофманнъ коснулся только тѣхъ явленій, которыя могли удовлетворять предположенной цѣли. При изложеніи онъ руководствовался тѣмъ же пріемомъ, который употреблялъ при чтеніи лекцій,—а именно переходомъ отъ конкретнаго къ общему, отъ опыта къ основаннымъ на немъ теоретическимъ выводамъ.

При выполненіи своей программы Гофманнъ по необходимости долженъ былъ оставить классическій путь химическаго преподаванія; элементы, напр., изучаются въ новомъ порядкѣ, который приводитъ къ знанію общихъ законовъ въ правильной, логической послѣдовательности; опыты выбраны тѣ, которые наиболѣе объясняютъ теоретическіе взгляды.

Предлагаемый теперь русской публикѣ переводъ сочиненія Гофманна сдѣланъ съ англійскаго оригинала, но послѣдняя часть его исправлена сообразно нѣмецкому изданію.

Къ вышеприведенному объясненію Гофманна о характерѣ его сочиненія остается прибавить, что предположенная имъ программа выполнена вполнѣ удовлетворительно, а потому можно надѣяться, что изданіе сочиненія Гофманна на русскомъ языкѣ принесетъ существенную пользу изученію въ Россіи химіи въ современномъ ея состояніи.

Ѳ. Савченковъ.

СОДЕРЖАНІЕ.

Стран.

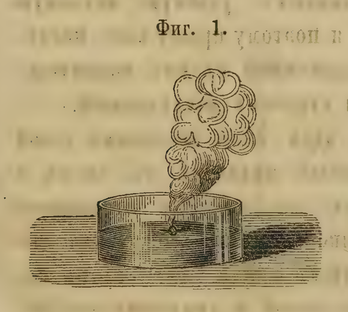
I.

Вода—ея разложеніе щелочными металлами: каліемъ и натріемъ. — Выдѣляющійся при этомъ газъ, водородъ. — Главныя свойства водорода; его объемный вѣсъ. — Другіе источники водорода: соляная кислота и амміакъ — растворенные въ водѣ — въ газообразномъ состояніи. — Высушиваніе газовъ. — Отличительныя свойства соляной кислоты и амміака. — Выдѣленіе изъ нихъ водорода щелочными металлами. — Процессы и аппараты. — Другіе источники водорода. — Разложеніе электрическимъ токомъ соляной кислоты, воды и амміака, съ выдѣленіемъ водорода.

Извѣстно, что вода можетъ быть приведена въ прикосновеніе со многими металлами, не подвергаясь при этомъ какимъ нибудь замѣтнымъ измѣненіямъ. Золото и серебро не производятъ никакого дѣйствія на воду,—даже мѣдь, желѣзо, цинкъ и олово могутъ при обыкновенной температурѣ оставаться въ водѣ довольно продолжительное время, не подвергая ее никакому измѣненію. Но этого не бываетъ со всѣми металлами.

Нѣкоторые металлы производятъ сильное дѣйствіе на воду. Для настоящей нашей цѣли мы назовемъ особенно два изъ этихъ металловъ — калій и натрій, изъ которыхъ первый получается изъ древесной золы, а второй изъ обыкновенной поваренной соли; способы полученія этихъ металловъ мы разсмотримъ впослѣдствіи. Шарикъ калія, брошенный на воду (фиг. 1), загорается и съ шипѣніемъ скользитъ по ея поверхности; онъ производитъ при этомъ яркій фіолетовый свѣтъ и бѣлые пары, и скоро затѣмъ исчезаетъ съ легкимъ трескомъ. Кусокъ натрія производитъ тоже самое дѣйствіе, только съ меньшею си-

Фиг. 1.

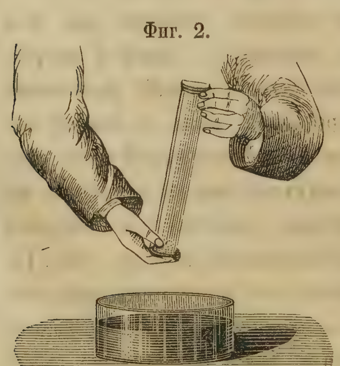


лою. Плавающій на водѣ шарикъ натрія не загорается, если не остановить его движеніе, положивъ напр. надъ водой листъ пропускной бумаги, при чемъ металлъ горитъ яркимъ желтымъ пламенемъ. Въ обоихъ случаяхъ вода получаетъ затѣмъ особенный вкусъ, называемый щелочнымъ, и способность измѣнять цвѣтъ цѣлаго ряда растительныхъ красильныхъ веществъ, на которыя чистая вода не производитъ никакого дѣйствія. Погружая въ воду, подвергавшуюся дѣйствію калія или натрія, полоску бумаги, окрашенной желтой краской куркумы, она принимаетъ бурый цвѣтъ; погружая туда полоску красной лакмусовой бумаги, она принимаетъ синій цвѣтъ.

Что происходитъ съ каліемъ и натріемъ, которые, повидимому, исчезаютъ въ прикосновеніи съ водой и которые дѣйствительно при этомъ перестаютъ существовать какъ металлы? Какое измѣненіе происходитъ при этомъ съ водой, которая получаетъ новый, особенный вкусъ и способность измѣнять растительныя краски, на которыя она прежде не производила никакого дѣйствія?

Область измѣненій свойствъ матерій, къ которой относятся эти вопросы, составляетъ предметъ особенной науки—химіи, названіе темнаго происхожденія, которое нѣкоторые производятъ отъ слова Χημία, одного изъ старыхъ названій Египта, принимая, что тамъ впервые начали заниматься этими таинственными превращеніями матеріи. Для изученія этой области явленій, составляющаго цѣль нашихъ лекцій, приведенные сейчасъ разительные факты и возбуждаемые ими вопросы представляютъ удобную исходную точку; я поэтому прошу васъ послѣдовать за мною въ ихъ внимательномъ и строгомъ изслѣдованіи.

Фиг. 2.



Для этой цѣли наполнимъ водой стеклянный цилиндръ съ дномъ и закроемъ его отверстіе стеклянной пластинкой; затѣмъ погрузимъ его отверстіемъ внизъ (фиг. 2) въ сосудъ съ водой и укрѣпимъ его такимъ образомъ, чтобы его отверстіе находилось надъ поверхностью воды, не касаясь дна сосуда. Давленіе

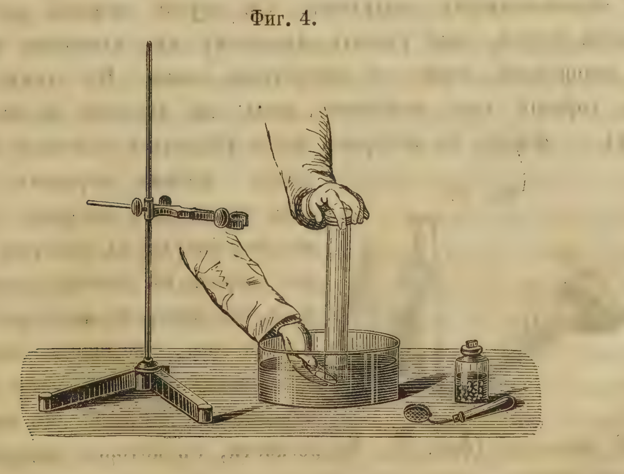
воздуха удержитъ, конечно, воду въ цилиндрѣ. Теперь бросимъ на воду шарикъ натрія (мы не употребляемъ калія, по причинѣ большей силы его дѣйствія) и помѣстимъ его, помощью ножки съ рѣшетчатымъ черпальцемъ, подъ отверстіемъ опрокинутаго ци-

Фиг. 3.



линдра (фиг. 3). Въ цилиндрѣ немедленно поднимаются пузырьки безцвѣтнаго газа, замѣщая въ немъ воду. Повторяя этотъ

Фиг. 4.

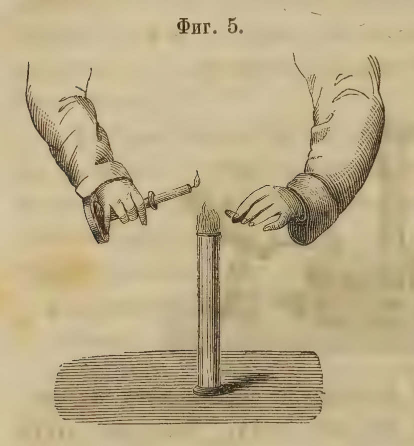


опытъ три или четыре раза, мы совершенно наполнимъ цилиндръ газомъ. Теперь опять закроемъ отверстіе цилиндра стеклянной

пластинкой (фиг. 4), вынемъ его изъ сосуда съ водой и поставимъ отверстіемъ вверхъ.

Газъ, выдѣленный при этомъ изъ воды, называется водородомъ. Онъ безцвѣтенъ, прозраченъ, безъ вкуса и запаха; въ этомъ отношеніи онъ сходенъ съ обыкновеннымъ атмосфернымъ воздухомъ, отъ котораго онъ однако отличается въ нѣкоторыхъ другихъ отношеніяхъ. Такъ напр., въ прикосновеніи съ горящей свѣчей (фиг. 5) водородъ воспламеняется и горитъ слабымъ, блѣднымъ пламенемъ, которое мало по малу опускается въ сосудъ.

Фиг. 5.



Для того чтобы этотъ опытъ удался, стеклянная пластинка не должна быть удалена отъ отверстія цилиндра, пока она не находится возлѣ горящей свѣчи: оставляя цилиндръ открытымъ лишь нѣсколько секундъ, исчезаетъ всякій слѣдъ горючаго газа,—онъ замѣщается обыкновеннымъ воздухомъ. Съ другой стороны результатъ будетъ другой, если удалить пластинку отъ отверстія цилиндра съ водородомъ, держа его отверстіемъ внизъ. Въ этомъ положеніи горючій газъ исчезаетъ лишь въ двадцать и болѣе минутъ, — фактъ, въ которомъ легко убѣдиться помощью горящей свѣчи. Такимъ образомъ, вмѣсто того чтобы дать водороду удалиться изъ сосуда въ воздухъ, можно его собрать въ цилиндръ, если держать его отверстіе надъ восходящей струей газа,—водородъ, наполняющій сосудъ, можно, такъ сказать, переливать вверхъ, въ опрокинутый цилиндръ (фиг. 6). По легкости, съ которою водородъ удаляется вверхъ, когда ему данъ туда свободный выходъ, мы заключаемъ, что данный объемъ водорода легче одинаковаго объема ат-

Фиг. 6.



мосфернаго воздуха. Точные опыты показали, что вѣса одинаковыхъ объемовъ водорода и атмосфернаго воздуха относятся между собою, какъ 1 : 14,4, — другими словами, что воздухъ въ 14,4 или почти въ $14^1/_2$ разъ тяжелѣе водорода.

Взвѣшиванiе и вымѣриванiе газообразныхъ тѣлъ требуютъ извѣстныя предосторожности, которыя мы разсмотримъ подробнѣе послѣ. Пока намъ достаточно припомнить, что объемъ газообразнаго тѣла существенно зависитъ отъ температуры и давленiя, такъ что необходима тождественность этихъ условiй для всякаго вѣрнаго сравненiя различныхъ газовъ относительно ихъ объемнаго или удѣльнаго вѣса.

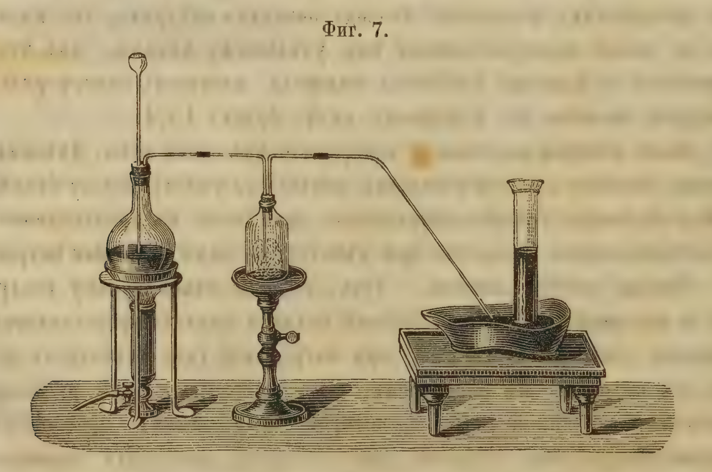
Между всѣми открытыми до сихъ поръ газами водородъ самый легкiй; поэтому нашли удобнымъ принять за единицу вѣсъ даннаго объема водорода и выражать въ относительныхъ къ нему величинахъ вѣса одинаковыхъ объемовъ другихъ газовъ. Поэтому, говоря, что удѣльный вѣсъ воздуха 14,4, мы разумѣемъ, что данный объемъ воздуха, при данной температурѣ и давленiи, вѣситъ 14,4 раза больше одинаковаго объема водорода, при тѣхъ же физическихъ условiяхъ. Отсюда очевидно слѣдуетъ, что плотности газовъ пропорцiональны ихъ удѣльнымъ вѣсамъ, такъ что, принимая за единицу плотность водорода, плотность атмосфернаго воздуха, подобно его удѣльному вѣсу, будетъ 14,4.

Калiй и натрiй выдѣляютъ водородъ не изъ одной воды. Двѣ жидкости, соляная кислота и амміакъ, извѣстныя уже нѣсколько столѣтiй и имѣющiя теперь значительное примѣненiе въ промышленности, также даютъ водородъ, при дѣйствiи на нихъ калiя или натрiя.

Чистая соляная кислота — газъ, подобно атмосферному воздуху и водороду. Продажная жидкая соляная кислота представляетъ водяной растворъ этого газа; при нагрѣванiи газъ оставляетъ воду, въ которой онъ растворенъ. Эту операцiю удобно производить въ стеклянной ретортѣ, которой горло заткнуто пробкой съ двумя отверстiями. Черезъ одно отверстiе проходитъ воронкообразная трубка, которой нижнiй конецъ погруженъ въ жидкость, между тѣмъ какъ верхнiй конецъ ея расширенъ въ чашечку, очень удобную для наполненiя бутылки. Черезъ другое отверстiе проходитъ трубка, согнутая подъ прямымъ угломъ, для прохода освобождающагося газа.

Проходящій черезъ эту трубку газъ насыщенъ еще водянымъ паромъ, отъ котораго онъ долженъ быть освобожденъ, помощью сушительнаго вещества, т. е. вещества, болѣе жаднаго къ влажности, чѣмъ газъ. Такимъ веществомъ служитъ намъ извѣстное въ торговлѣ купоросное масло, называемое химиками сѣрной кислотой. Эта кислота очень удобна для высушиванія газовъ. Для этой цѣли употребляется стеклянный сосудъ, такъ же заткнутый пробкой съ двумя отверстіями. Черезъ одно изъ этихъ отверстій проходитъ трубка, также выгнутая подъ прямымъ угломъ, достигающая дна сосуда; черезъ другое отверстіе проходитъ газоотводная трубка. Этотъ сосудъ наполняютъ пемзой, насыщенной сѣрной кислотой, проходящую черезъ отверстіе его пробки трубку, выгнутую подъ прямымъ угломъ, соединяютъ посредствомъ каучуковой трубки съ изогнутой трубкой реторты, такъ что газъ, выходящій изъ реторты, проводится сперва по дну сосуда, наполненнаго пемзой, насыщенной сѣрной кислотой, — онъ проходитъ черезъ промежутки между пемзой, и приходитъ при этомъ въ прикосновеніе съ значительными поверхностями сѣрной кислоты, ко-

Фиг. 7.

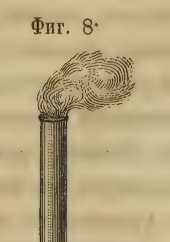


торая жадно поглащаетъ его влагу. Такимъ образомъ въ верхнюю часть стекляннаго сосуда проникаетъ совершенно сухой газъ; отсюда онъ удаляется черезъ газоотводную трубку.

Отъ дѣйствія сѣрной кислоты пары соляной кислоты теряютъ всякій слѣдъ воды,—получается безцвѣтный, прозрачный и совер-

шенно чистый газъ. Онъ можетъ быть собранъ въ цилиндрическій сосудъ, наполненный ртутью и опрокинутый подъ ртутной ванной (фиг. 7).

Фиг. 8.



Газообразную соляную кислоту легко отличить отъ водорода и атмосфернаго воздуха. Онъ не загорается и въ прикосновеніи съ влажнымъ воздухомъ образуетъ бѣлые пары (фиг. 8). Открывая подъ водой цилиндръ, наполненный газообразною соляною кислотой, вода устремляется въ газъ, какъ въ пустоту, и совершенно наполняетъ цилиндръ (фиг. 9). Газообразная соляная кислота растворяется при этомъ въ водѣ, — получается опять жидкая соляная кислота. Газообразная и жидкая соляная кислота измѣняетъ нѣкоторыя растительныя краски; она превращаетъ напр. синій лакмусъ въ красный, въ чемъ легко убѣдиться, погружая въ нее полоску синей лакмусовой бумаги.



Фиг. 9.

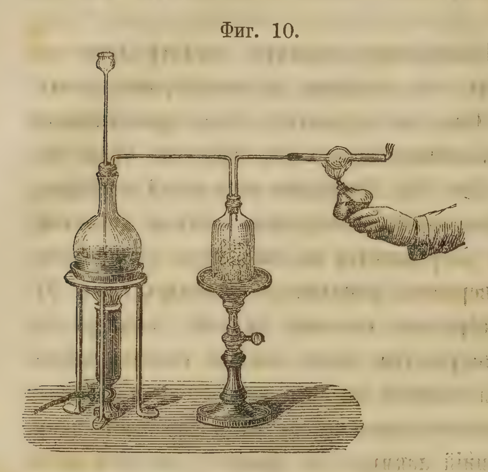


Чтобы показать, что водородъ можетъ быть полученъ изъ соляной кислоты дѣйствіемъ щелочнаго металла, стоитъ только удалить газоотводную трубку изъ аппарата, фиг. 7, и замѣстить ее трубкой изъ тугоплавкаго стекла, выдутаго посрединѣ въ шарикъ, въ который помѣщаютъ кусокъ калія. Тогда освобождающаяся газообразная соляная кислота достигаетъ металла, который немедленно покрывается бѣлымъ слоемъ, и, при очень слабомъ нагрѣваніи лампой шарика, плавится, начиная въ тоже время горѣть фіолетовымъ пламенемъ. Во время этого процесса развивается водородъ, который можно зажечь у отверстія трубки (фиг. 10).

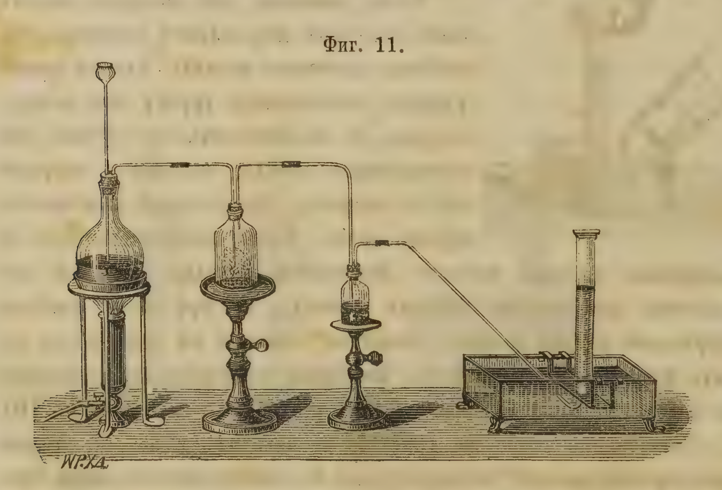
Совершенно такое же дѣйствіе производитъ и натрій, только при гораздо высшей температурѣ. Но опытъ можетъ быть произведенъ и при низшей температурѣ, замѣщая чистый натрій растворомъ натрія въ ртути. Этотъ растворъ, извѣстный въ химіи подъ названіемъ ртутной амальгамы, можетъ быть полученъ стираніемъ въ ступкѣ обоихъ металловъ, при чемъ они соединяются,

съ сильнымъ образованіемъ тепла, доходящаго иногда до бѣлокалильнаго жара. Его можно также получить, слабо нагрѣвая въ ретортѣ ртуть и прибавляя къ ней натрій маленькими кусками, которые растворяются, съ образованіемъ тепла и свѣта. Мелкое раздробленіе натрія въ амальгамѣ усиливаетъ реакцію между нимъ и соляною кислотой, увеличивая ихъ точки прикосновенія, такъ что разложеніе кислоты происходитъ при обыкновенной температурѣ. Если требуется производить этотъ опытъ въ большихъ размѣрахъ, шарикъ трубки можетъ быть замѣненъ стеклян-

Фиг. 10.



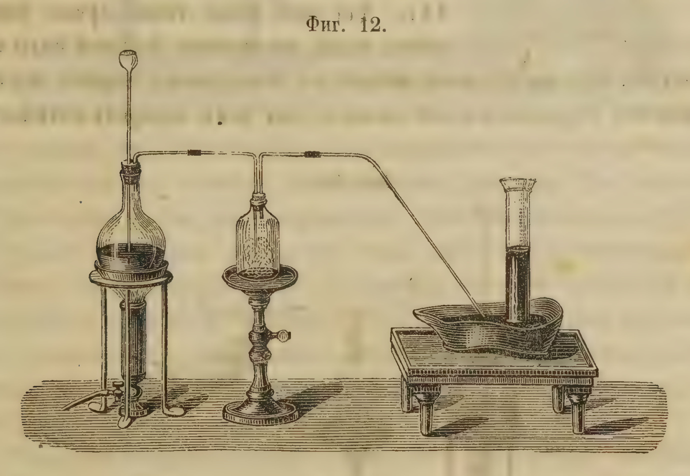
Фиг. 11.



кой, наполненной натровой амальгамой. Получаемый при этомъ водородъ можетъ быть зажженъ у свободнаго конца газоотводной трубки или, какъ прежде, собранъ подъ водой (фиг. 11). Его легко узнать по его особеннымъ свойствамъ.

Подобно соляной кислотѣ, чистый амміакъ—газообразное тѣло, котораго водяной растворъ представляетъ, такъ называемый, жидкій амміакъ. При слабомъ нагрѣваніи этотъ растворъ выдѣляетъ въ изобиліи газообразный амміакъ, который легко узнается по своему острому запаху. Этотъ газообразный амміакъ влаженъ; онъ поэтому долженъ быть высушенъ. Для этой цѣли пропускаютъ его черезъ аппаратъ, подобный тому, какой мы употребили для высушки газообразной соляной кислоты. По причинамъ, которыя мы объяснимъ послѣ, пемзу, насыщенную сѣрной кислотой, которою мы прежде наполнили сушильный сосудъ, въ этомъ случаѣ замѣняютъ кусками негашенной извести, вещества также жадно поглощающаго воду.

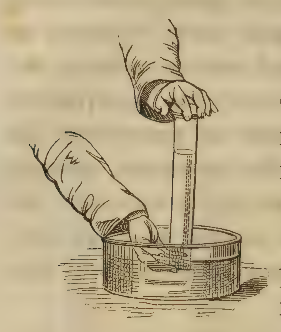
Фиг. 12.



Прозрачный и безцвѣтный газъ, выходящій изъ сосуда съ негашенною известью, представляетъ чистый сухой амміакъ, который, подобно газообразной соляной кислотѣ, долженъ быть также собранъ надъ ртутью (фиг. 12), потому что вода поглощаетъ амміакъ даже съ большею силою, чѣмъ соляную кислоту.

Амміакъ легко отличить отъ водорода по его незагораемости, острому запаху и сильной растворимости въ водѣ; отъ атмосфернаго воздуха его легко отличить по двумъ послѣднимъ свойствамъ; отъ соляной кислоты онъ отличается своимъ запахомъ, неокрашиваніемъ въ красный цвѣтъ растительныхъ синихъ красокъ и необразованіемъ паровъ въ прикосновеніи съ воздухомъ. Амміакъ

отличается также своею способностью возстановлять первоначальный цвѣтъ растительныхъ синихъ красокъ, окрашенныхъ въ

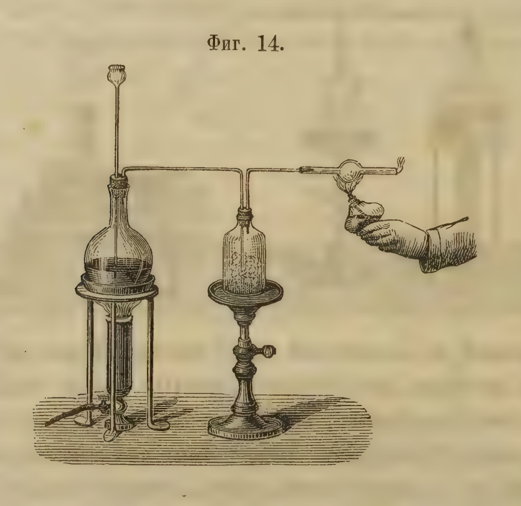


Фиг. 13.

красный цвѣтъ дѣйствіемъ кислотъ. Полоска лакмусовой бумаги, окрашенной въ красный цвѣтъ дѣйствіемъ соляной кислоты, немедленно принимаетъ свой первоначальный синій цвѣтъ при погруженіи въ амміакъ.

Дѣйствіе калія или натрія на амміакъ можно показать помощью того же аппарата, какой мы употребили при подобномъ опытѣ съ соляной кислотой (фиг. 14). Для этой цѣли также лучше употребить калій, по причинѣ большей силы его дѣйствія. При расплавленіи металла въ стеклянномъ шарикѣ онъ покрывается буровато-зеленой плевкой, при чемъ водородъ начинаетъ

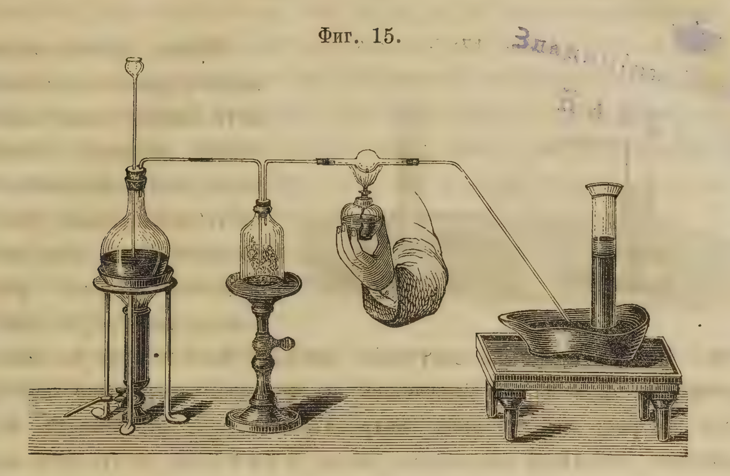
Фиг. 14.



удаляться,—въ этомъ легко убѣдиться, поднося свѣчку къ концу трубки. Для собиранія освобождающагося водорода мы наливаемъ немного ртути въ стеклянный цилиндръ, наполняемъ его до верха водою, и закрывая его отверстіе стеклянной пластинкой, опрокидываемъ его отверстіемъ внизъ надъ ртутною ванной; помѣщая теперь свободный конецъ газоотводной трубки подъ опро-

кинутымъ цилиндромъ (фиг. 15), газъ поднимается сначала черезъ ртуть, потомъ черезъ воду въ верхнюю часть цилиндра. Во вре-

Фиг. 15.



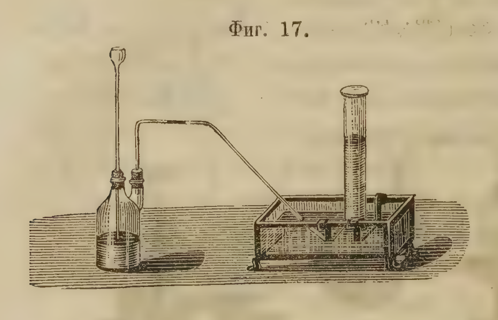
мя прохода газа черезъ воду, она освобождаетъ его отъ небольшой примѣси амміака, которую онъ могъ еще удержать. Употребленіе ртути—необходимая предосторожность. Если бы газоотводная трубка прямо сообщалась съ водою, тогда часть не разложившагося амміака, по своему сильному притяженію къ водѣ, заставила бы жидкость подняться въ газоотводную трубку; при этомъ вода могла бы достигнуть трубки содержащей раскаленный металлъ, произвела бы взрывъ, отъ котораго разбился бы въ дребезги весь аппаратъ.

Способы полученія водорода дѣйствіемъ щелочныхъ металловъ на соляную кислоту, воду и амміакъ, приведенные здѣсь не какъ самые лучшіе и легкіе способы полученія этого газа, а для разъясненія характера этихъ веществъ —предметъ нашего настоящаго изученія. Когда химику нужно добыть значительное количество водорода, онъ прибѣгаетъ къ болѣе легкимъ и менѣе дорогимъ способамъ. Такъ напр. при погруженіи цинковой пластинки въ жидкую соляную кислоту развивается значительное количество водорода, который можно зажечь (фиг. 16). При дѣйствіи цинка на эту кислоту въ двугорлой бутылкѣ съ газоотводной трубкой,

Фиг. 16.

водородъ можетъ быть собранъ въ цилиндрахъ, опрокинутыхъ надъ водой (фиг. 17).

Фиг. 17.



Этимъ путемъ можно легко и дешево приготовлять значительныя количества водорода. Наконецъ, вмѣсто соляной кислоты можно очень удобно употреблять, какъ источникъ водорода, разбавленную сѣрную кислоту. Но эти процессы полученія водорода насъ теперь не интересуютъ. Для нашей ближайшей цѣли намъ достаточно знать, что водородъ можетъ быть полученъ изъ трехъ различныхъ веществъ: соляной кислоты, воды и амміака, и что онъ можетъ быть выдѣленъ изъ этихъ веществъ дѣйствіемъ тѣхъ же металловъ калія и натрія.

Мы должны однако уже здѣсь замѣтить, что водородъ можетъ быть также полученъ изъ соляной кислоты, воды и амміака дѣйствіемъ особенной силы—электричества. Между многими другими замѣчательными свойствами, эта сила обладаетъ способностью производить въ тѣлахъ извѣстныя измѣненія, принадлежащія къ области химіи.

Предѣлы нашего курса не позволяютъ мнѣ распространяться здѣсь ни о сущности электричества (названіе, происходящее отъ ἤλεκτρον — *янтарь*, въ которомъ эта сила впервые возбуждена была треніемъ), ни о различныхъ аппаратахъ, употребляемыхъ для развитія этой силы. Эти предметы принадлежатъ области физики, которой изученіе, по строгому логическому порядку, должно предшествовать изученію химіи. Я поэтому долженъ предполагать въ васъ знакомство съ физическими силами и ихъ законами. На всякій случай я хочу вызвать теперь въ памяти вашей нѣкоторыя частности, которыя необходимо помнить, для того, чтобы намъ можно было выражаться короче впослѣдствіи.

Аппаратъ, который мы будемъ употреблять для развитія электричества, называется батареей; обѣ проволоки, по которымъ

проводится сила, образуемая въ батареѣ, и помощью которыхъ эта сила прилагается, называются **полюсами** или **электродами** батареи (отъ ἤλεκτρον и ὁδός, т. е. пути для электричества). Одинъ полюсъ каждой батареи называется **положительнымъ**, другой — **отрицательнымъ**. Въ батареѣ, какую мы будемъ употреблять, — которая состоитъ изъ паръ цинка и угля, — положительный полюсъ соотвѣтствуетъ концу угля, а отрицательный — концу цинка батареи. Такъ какъ эти полюсы должны быть погружаемы въ жидкости, на которыя мы хотимъ дѣйствовать, — жидкости часто отличающіяся ѣдкимъ характеромъ, — то концы ихъ состоятъ обыкновенно изъ неразъѣдаемыхъ веществъ, какъ платина или уголь.

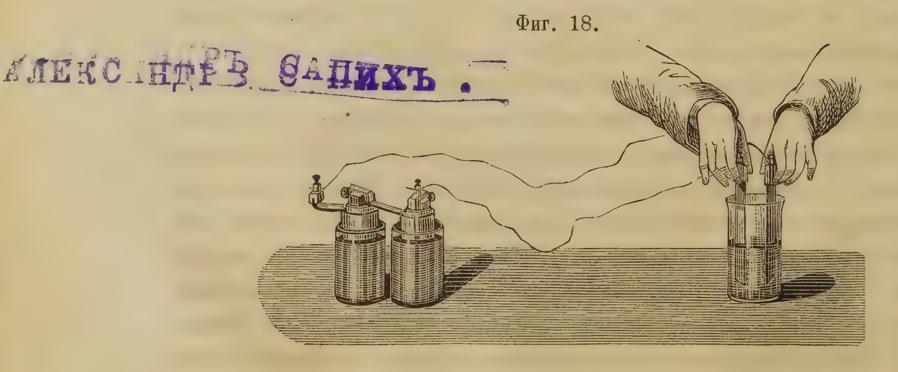
Въ нашей слѣдующей бесѣдѣ мы разсмотримъ замѣчательные и поучительные результаты дѣйствія электричества нашей батареи на соляную кислоту, воду и амміакъ.

II.

Дѣйствіе электрическаго тока на соляную кислоту, воду и амміакъ.—Электрическое разложеніе соляной кислоты.—Выдѣленіе изъ нея смѣси водорода и хлора.—Отдѣленіе хлора изъ этой смѣси.—Отличительныя свойства хлора.—Синтетическое возстановленіе соляной кислоты или водорода и хлора, откуда и названіе хлористоводородной кислоты.—Электрическое разложеніе воды.—Выдѣленіе изъ нея смѣси водорода и кислорода.—Отдѣленіе кислорода изъ этой смѣси.—Отличительныя свойства кислорода.—Выдѣленіе кислорода изъ воды хлоромъ.—Синтетическое возстановленіе воды изъ водорода и кислорода.—Электрическое разложеніе амміака.—Выдѣленіе изъ него смѣси водорода и азота.—Отдѣленіе изъ этой смѣси азота.—Отличительныя свойства азота. — Выдѣленіе его изъ амміака хлоромъ. — Синтезъ амміака изъ его элементовъ пока невозможенъ. — Доказательства состава амміака.—Простыя и сложныя тѣла.—Таблица элементовъ.

Если дать электрическому току проходить черезъ соляную кислоту, погружая въ нее полюсы батареи (фиг. 18), то отъ этихъ

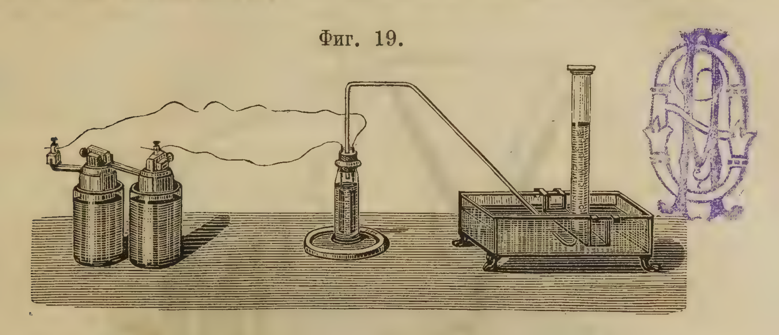
Фиг. 18.



полюсовъ немедленно поднимаются маленькіе пузырьки газа. При этомъ мы ощущаемъ и особенный удушливый запахъ. Производя этотъ опытъ въ закрытомъ сосудѣ, можно тщательнѣе изучить

эти явленія. Для этой цѣли наливаютъ соляную кислоту въ стеклянный цилиндръ, закрывающійся пробкой, черезъ которую про-

Фиг. 19.



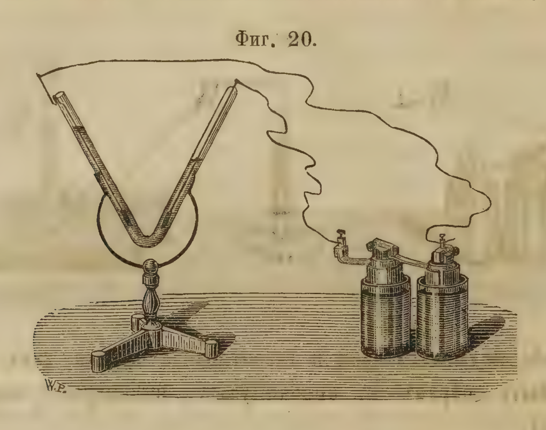
ходятъ оба полюса батареи и газоотводная трубка, такъ что газъ можетъ быть собранъ въ опрокинутыхъ цилиндрахъ, подъ водой (Фиг. 19).

Приближая горящую свѣчу къ собранному такимъ образомъ газу, онъ загорается,—фактъ, указывающій намъ присутствіе водорода. Но водородъ не имѣетъ ни сейчасъ упомянутаго удушливаго запаха, ни бѣлильнаго свойства, которымъ, какъ оказывается, отличается собранный нами газъ. Легко показать на опытѣ это бѣлильное свойство: стоитъ только окрасить употребляемую для опыта соляную кислоту нѣсколькими каплями раствора индиго, — съ развитіемъ газа жидкость скоро обезцвѣчивается. Если подвергнуть дѣйствію этого газа полоску лакмусовой бумаги, то она также тотчасъ обезцвѣчивается. Такимъ образомъ очевидно, что съ водородомъ въ этомъ случаѣ смѣшанъ еще другой газъ, пока намъ неизвѣстный.

Постараемся познакомиться съ неизвѣстнымъ намъ газомъ. Для этого постараемся получить его отдѣльно. Отдѣленіе этого газа отъ водорода можно произвести помощью согнутой подъ острымъ угломъ стеклянной трубки, — двухъ-колѣнной трубки, съ закрытымъ и открытымъ концомъ. Черезъ закрытый конецъ трубки проходитъ платиновая проволока, вплавленная въ стекло; эта проволока кончается почти у самаго сгиба трубки платиновой пластинкой. Въ эту трубку наливаютъ соляную кислоту, 1,1 удѣльнаго вѣса, окрашенную растворомъ индиго, такъ чтобы она наполняла все закрытое колѣно и около половины открытаго колѣ-

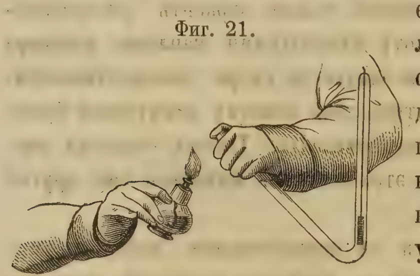
на трубки. Для разложенія кислоты мы соединяемъ отрицательный полюсъ батареи съ проволокою закрытаго колѣна трубки, по-

Фиг. 20.



гружая въ тоже время въ жидкость положительный полюсъ батареи черезъ открытое колѣно трубки (фиг. 20). Мы замѣчаемъ, что газъ почти исключительно развивается у отрицательнаго полюса,—образованіе газа у положительнаго полюса, повидимому, такъ незначительно, что онъ едва обратилъ бы наше вниманіе, если бы не отличался удушливымъ запахомъ и если бы онъ не производилъ сильнаго дѣйствія на жидкость, окрашенную растворомъ индиго, которую онъ скоро обезцвѣчиваетъ. Газъ, развивающійся у отрицательнаго полюса, въ закрытомъ колѣнѣ трубки не обладаетъ бѣлильнымъ свойствомъ, онъ не измѣняетъ синяго цвѣта жидкости. По накопленіи достаточнаго количества газа въ закрытомъ колѣнѣ,—результатъ, получаемый обыкновенно въ 8—10 минутъ,— прерываютъ электрическій токъ и переводятъ газъ въ открытое колѣно, предварительно наполненное водой и заткнутое пальцемъ (фиг. 21). Онъ оказывается загораемымъ и мы легко узнаемъ въ немъ чистый водородъ.

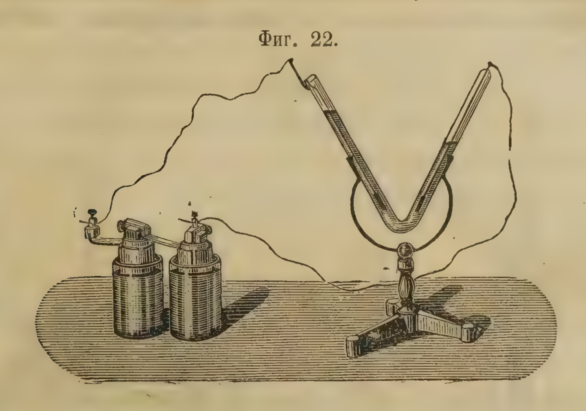
Фиг. 21.



Произведемъ теперь этотъ опытъ въ обратномъ порядкѣ, со-

единяя положительный полюсъ съ закрытымъ, а отрицательный— съ открытымъ колѣномъ трубки (фиг. 22). Какъ можно было

Фиг. 22.

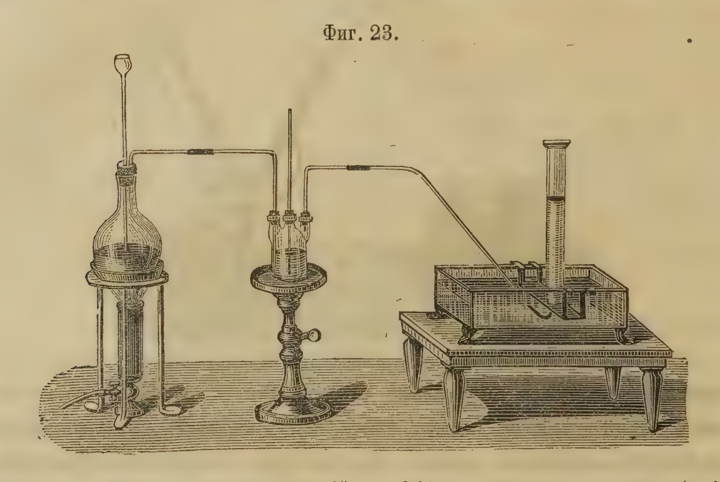


ожидать, водородъ немедленно развивается въ изобиліи въ открытомъ колѣнѣ трубки, между тѣмъ какъ жидкость обезцвѣчивается въ ея закрытомъ колѣнѣ. Но это обратное расположеніе опыта даетъ намъ возможность получить нѣкоторыя другія свѣдѣнія о второмъ газѣ,—о томъ газѣ, который развивается въ незначительномъ количествѣ, отличается сильно раздражающимъ запахомъ и бѣлильнымъ дѣйствіемъ на растительныя краски. По прошествіи 10—15 минутъ обезцвѣченная жидкость въ закрытомъ колѣнѣ трубки начинаетъ принимать желтовато-зеленый цвѣтъ и накопленіе газа,—въ началѣ опыта едва замѣтное,—мало по малу становится все больше и больше, такъ что по прошествіи 30—40 минутъ большая часть трубки наполнена прозрачнымъ, желтовато-зеленымъ газомъ. Прервемъ теперь электрическій токъ, переведемъ газъ въ открытое колѣно трубки и постараемся изслѣдовать здѣсь его свойства. Если приблизить къ нему горящую свѣчу, онъ не загорается; едва только открываемъ открытый конецъ трубки, какъ уже упомянутый удушливый запахъ газа становится очень сильно замѣтнымъ; свое сильное бѣлильное дѣйствіе онъ оказываетъ, обезцвѣчивая, во время своего прохода въ открытое колѣно трубки, часть кислоты, сохранившей свой синій цвѣтъ. Этотъ особенный газъ названъ *хлоромъ*, отъ греческаго слова χλωρός (желтовато-зеленый).

Хлоръ можетъ быть полученъ изъ соляной кислоты и другимъ

процессомъ, который имѣетъ то важное преимущество, что развиваетъ хлоръ не одновременно съ водородомъ. При нагрѣваніи въ ретортѣ соляной кислоты съ толченною черною окисью мар-

Фиг. 23.

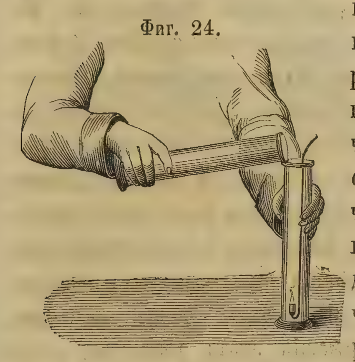


ганца—перекисью марганца (фиг. 23) получается въ изобиліи хлоръ, который можетъ быть собранъ въ опрокинутыхъ стеклянныхъ цилиндрахъ, надъ теплой водой. Этотъ процессъ употребляется всегда, когда требуются значительныя количества хлора. Мы будетъ имѣть случай заняться подробностями этого процесса впослѣдствіи, при внимательномъ изученіи свойствъ черной окиси марганца; пока этотъ процессъ интересуетъ насъ лишь мимоходомъ, какъ легкій и дешевый способъ полученія въ изобиліи хлора, для изученія его замѣчательныхъ свойствъ.

Хлоръ растворяется приблизительно въ $^1/_3$ своего объема холодной воды. Этимъ свойствомъ объясняется медленное и незначительное накопленіе его видимыхъ пузырьковъ въ началѣ опыта и болѣе быстрое накопленіе газа впослѣдствіи, когда жидкость уже насыщена имъ. Растворимость хлора въ водѣ значительно уменьшается отъ тепла; отсюда слѣдуетъ необходимость собирать этотъ газъ надъ теплой водой. Помѣщая въ сосудъ съ хлоромъ горящую свѣчу, она горитъ въ немъ тусклымъ пламенемъ, отлагая значительное количество копоти. Этимъ обстоятельствомъ можно воспользоваться, чтобы показать значительный объемный вѣсъ хлора, сравнительно съ воздухомъ и—тѣмъ болѣе—съ во-

дородомъ. Если держать отверстіемъ внизъ цилиндръ, наполненный хлоромъ, то цвѣтъ газа скоро исчезаетъ и его запахъ болѣе не замѣтенъ; если теперь помѣстить въ цилиндръ горящую свѣчу, то ея правильное горѣніе показываетъ, что хлоръ замѣщенъ въ цилиндрѣ атмосфернымъ воздухомъ. Далѣе, если дать свѣчѣ горѣть на днѣ цилиндра съ воздухомъ (фиг. 24) и наклонять

Фиг. 24.



надъ нимъ отверстіе цилиндра, наполненнаго хлоромъ, какъ для переливанія воды, то колеблющееся и копотное пламя свѣчи показываетъ, что хлоръ опускается въ цилиндръ съ свѣчей. Эти опыты показываютъ, что хлоръ тяжелѣе воздуха, слѣдовательно гораздо болѣе тяжелѣе водорода. Точные опыты показали, что данный объемъ хлора въ 35,5 разъ тяжелѣе одинаковаго объема водорода, — другими словами: если выразить объемный вѣсъ водорода черезъ 1, тогда объемный вѣсъ хлора выражается черезъ 35, 5.

Эти опыты показываютъ намъ, что отъ дѣйствія электрическаго тока на соляную кислоту развиваются изъ нея два существенно различные газа, изъ которыхъ одинъ, водородъ, знакомый намъ уже изъ прежнихъ опытовъ, освобождается у отрицательнаго полюса, между тѣмъ какъ другой, хлоръ, нашъ новый знакомый, появляется у положительнаго полюса батареи. Далѣе мы знаемъ уже, что каждый изъ этихъ газовъ можетъ быть отдѣльно полученъ изъ соляной кислоты, — водородъ можетъ быть полученъ изъ нея помощью натрія, а хлоръ — помощью черной окиси марганца; мы поэтому имѣемъ право считать водородъ и хлоръ составными частями соляной кислоты.

Что соляная кислота не содержитъ никакихъ другихъ составныхъ частей, кромѣ этихъ двухъ, должно быть доказано дальнѣйшимъ опытомъ. Для этой цѣли необходимо имѣть смѣсь обоихъ газовъ въ томъ отношеніи, въ какомъ они соединяются для образованія соляной кислоты. Такую смѣсь очень легко получить разложеніемъ самой соляной кислоты на ея составныя части, —

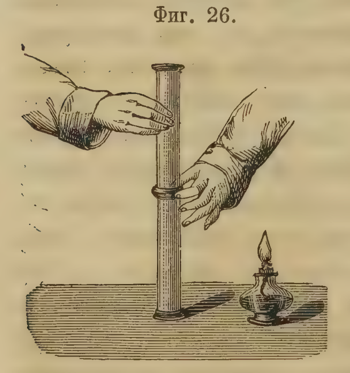
разложеніе, которое очень легко произвести дѣйствіемъ электрическаго тока или, какъ иногда выражаются, электролизомъ (окончаніе лизъ происходитъ отъ греческаго λύω — я развязываю).

Фиг. 25.



Соберемъ эту смѣсь газовъ надъ теплой водой въ цилиндръ со стеклянною пробкой (фиг. 25), но передъ собираніемъ дадимъ значительному количеству газа улетучиться въ пространство. Закроемъ теперь цилиндръ, наполненный газами, стеклянной пробкой, дадимъ ему стоять нѣсколько часовъ въ разсѣянномъ дневномъ свѣтѣ, за тѣмъ подвергнемъ его прямому дѣйствію солнечныхъ лучей. Мы найдемъ послѣ, что въ цилиндрѣ газъ совершенно потерялъ свой желтоватый цвѣтъ и не можетъ болѣе ни загораться, ни бѣлить растительныя краски. Получаемый безцвѣтный газъ образуетъ бѣлые пары въ прикосновеніи съ воздухомъ, окрашиваетъ въ красный цвѣтъ синюю лакмусовую бумагу, а открывая подъ водою цилиндръ, содержащій этотъ газъ, она скоро поглощаетъ его. Этими свойствами и отличается соляная кислота, —поэтому очевидно, что водородъ и хлоръ опять соединились въ нашемъ опытѣ для образованія того вещества, изъ котораго они прежде выдѣлялись. Мы, конечно, получимъ совершенно такой же результатъ, если употребимъ для опыта водородъ и хлоръ, добытые изъ соляной кислоты другими способами, а не электричествомъ, напр. дѣйствіемъ натрія и перекиси марганца.

Фиг. 26.



Какими бы способами мы ни получали оба газа, мы можемъ собирать ихъ въ два отдѣльные цилиндра, потомъ помѣстить одинъ цилиндръ подъ другимъ, нижній въ прямомъ, а верхній въ опрокинутомъ положеніи, такъ чтобы ихъ отверстія приходились другъ къ другу, затѣмъ удалить отъ ихъ отверстій стеклянныя пластинки, которыми они закрыты (фиг. 26), и покачать оба цилиндра, чтобы ускорить смѣшеніе газовъ; если теперь разнимемъ оба цилиндра и приблизимъ пламя къ ихъ отверстіямъ,

тогда смѣсь водорода и хлора мгновенно соединяется. Это соединеніе сопровождается шипящимъ взрывомъ, пламя распространяется въ цилиндры, изъ которыхъ удаляются въ воздухъ густые пары соляной кислоты.

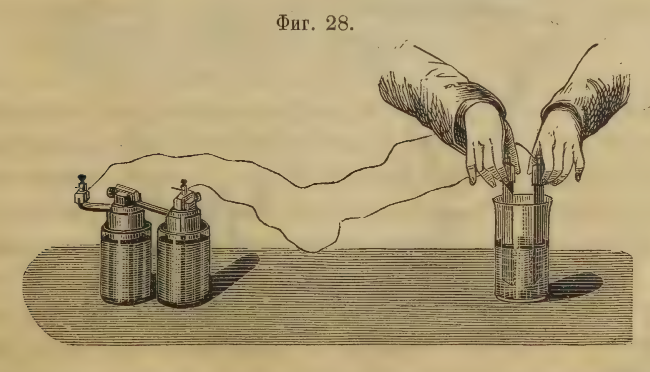
Фиг. 27.



Мы такимъ образомъ старались опредѣлить составъ соляной кислоты двумя процессами: 1) разложеніемъ ея на составныя части и 2) возстановленіемъ ея изъ ея отдѣльныхъ составныхъ частей. Первый процессъ—разложеніе—представляетъ примѣръ аналитическаго метода (отъ греческаго ἀναλύω — я раздѣляю); второй процессъ—возстановленія—представляетъ примѣръ синтетическаго метода (отъ греческаго συντίθημι — я соединяю). Аналитическимъ методомъ мы нашли, что водородъ и хлоръ суть составныя части соляной кислоты; синтетическимъ методомъ мы доказали, что водородъ и хлоръ—единственныя составныя части соляной кислоты, отчего она и получила свое обыкновенное химическое названіе хлористоводородной кислоты.

Постараемся теперь приложить оба метода — анализъ и синтезъ — къ точному изслѣдованію состава воды, о которой мы пока только знаемъ, что она, подобно хлористоводородной кислотѣ, даетъ водородъ, при дѣйствіи на нее натрія.

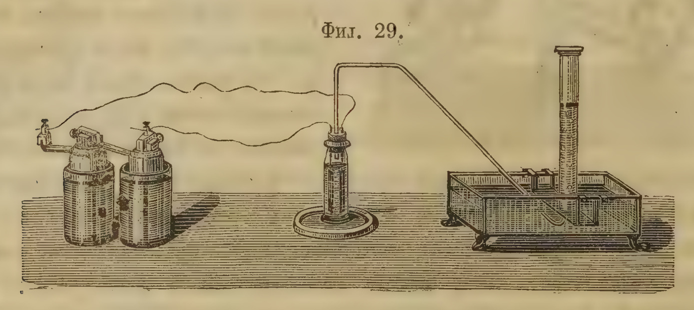
Фиг. 28.



Опытъ, пріобрѣтенный нами при изученіи хлористоводородной кислоты, указываетъ намъ уже на ходъ аналитическаго изслѣдо-

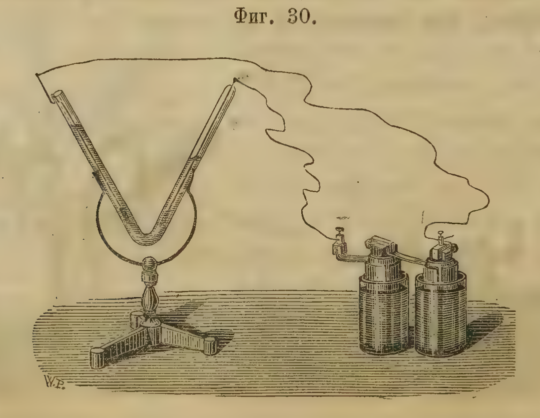
ванія воды. При погруженіи платиновыхъ полюсовъ батареи въ воду, къ которой прибавлено немного сѣрной кислоты для увеличенія ея проводимости, обильное развитіе газа показываетъ, какое сильное дѣйствіе производитъ на воду батарея. Если дать току дѣйствовать на воду въ закрытомъ сосудѣ, напр. въ небольшомъ цилиндрѣ (фиг. 29), приспособленномъ для такого же

Фиг. 29.



опыта съ хлористоводородною кислотою, то мы можемъ собирать развивающійся при этомъ прозрачный, безцвѣтный газъ, котораго загораемость указываетъ на присутствіе въ немъ водорода. Но взрывъ, которымъ сопровождается горѣніе газа, и мгновенное распространеніе пламени до самаго дна цилиндра ясно показываютъ, что водородъ въ этомъ случаѣ смѣшенъ съ какимъ нибудь другимъ газомъ. Для отдѣленія обоихъ газовъ мы опять прибѣгаемъ

Фиг. 30.

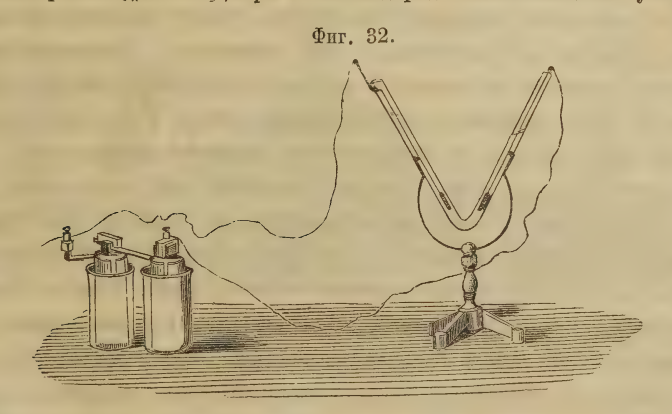


въ трубкѣ, согнутой подъ острымъ угломъ, наполняемъ ее окисленной водою и соединяемъ платиновую проволоку у ея закры-

таго конца съ отрицательнымъ полюсомъ батареи, погружая въ то же время положительный полюсъ батареи въ открытое колѣно трубки (фиг. 30). У обоихъ полюсовъ собираются при этомъ одновременно и обильно пузырьки газа, — у отрицательнаго полюса собирается впрочемъ большее количество газа. Изслѣдованіе газа, собраннаго въ закрытомъ колѣнѣ трубки, показываетъ, что онъ состоитъ,—совершенно какъ въ такомъ же опытѣ съ хлористоводородной кислотой,—изъ водорода (фиг. 31). Повторимъ теперь этотъ опытъ въ обратномъ порядкѣ (фиг. 32); при этомъ водородъ выдѣляющійся у отри-

Фиг. 31.

Фиг. 32.

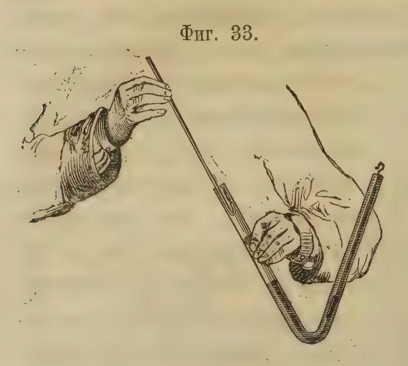


цательнаго полюса улетучивается въ воздухъ, между тѣмъ какъ газъ, выдѣлявшійся прежде у положительнаго полюса, въ открытомъ колѣнѣ трубки, собирается теперь въ закрытомъ колѣнѣ.

Подобно водороду этотъ газъ прозраченъ и безцвѣтенъ; но при изслѣдованіи онъ оказывается существенно отличнымъ отъ него. Онъ самъ не горитъ, но сообщаетъ сильную яркость горѣнію другихъ тѣлъ, напр. пламени погруженной въ него свѣчки (фиг. 33). При погруженіи деревянной лучинки съ маленькимъ тлѣющимъ концомъ въ этотъ газъ, она мгновенно приходитъ въ яркое бѣлокаленіе и сильно воспламеняется въ слѣдующій моментъ.

Этотъ газъ, получившій названіе кислорода, отличается, болѣе другихъ знакомыхъ намъ теперь уже газовъ, характерными свойствами атмосфернаго воздуха. Мимоходомъ мы можемъ уже здѣсь замѣтить, что этотъ газъ составляетъ одну изъ главныхъ составныхъ частей воздуха.

Фиг. 33.

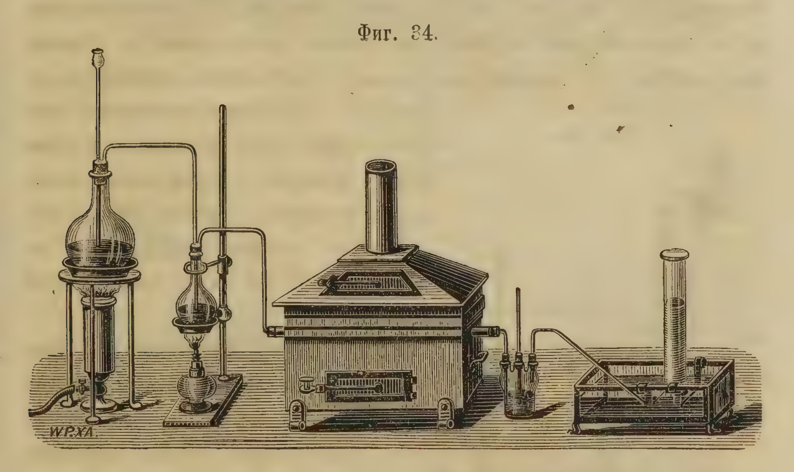


Кислородъ немного тяжелѣе атмосфернаго воздуха. Это легко доказать простымъ опытомъ. Наполнимъ два цилиндра кислородомъ, поставимъ одинъ изъ нихъ отверстіемъ вверхъ, а другой повѣсимъ отверстіемъ внизъ; отверстія обоихъ сосудовъ не закрыты. По прошествіи нѣсколькихъ минутъ приблизимъ горящую свѣчу или слабо тлѣющую деревянную лучинку къ отверстію каждаго цилиндра для изслѣдованія его содержанія. Внезапное яркое горѣніе лучинки въ цилиндрѣ съ отверстіемъ вверхъ показываетъ, что въ немъ находится еще кислородъ, между тѣмъ какъ отсутствіе этого явленія въ опрокинутомъ цилиндрѣ показываетъ, что содержавшійся въ немъ кислородъ удалился изъ него внизъ, черезъ относительно болѣе легкій воздухъ, который въ тоже время занялъ его мѣсто. Различіе между вѣсомъ равныхъ объемовъ воздуха и кислорода однако довольно незначительно. Точные опыты показали, что относительный объемный или удѣльный вѣсъ кислорода = 16, между тѣмъ какъ удѣльный вѣсъ воздуха = 14, 4, принимая за единицу сравненія объемный вѣсъ водорода.

Мы имѣемъ множество способовъ добыванія кислорода болѣе удобно и обильно, нежели дѣйствіемъ электрическаго тока на воду. Но мы должны пока отложить разсмотрѣніе всѣхъ этихъ способовъ, кромѣ одного, который особенно соотвѣтствуетъ нашей цѣли, такъ какъ онъ даетъ намъ возможность выдѣлять кислородъ изъ воды, безъ одновременнаго выдѣленія водорода. При изученіи хлористоводородной кислоты мы имѣли случай замѣтить, какъ сильно притяженіе между водородомъ и хлоромъ и какъ легко оба эти газа соединяются въ хлористоводородную кислоту. Спрашивается, имѣемъ ли мы право, на основаніи этого факта,

предполагать въ хлорѣ способность освобождать, при благопріятныхъ обстоятельствахъ, кислородъ изъ воды, притягивая ея водородъ и соединяясь съ нимъ въ хлористоводородную кислоту? Мы знаемъ, что при обыкновенной температурѣ хлоръ не производитъ этого дѣйствія на воду, потому что мы собирали хлоръ надъ водой. Но это разложеніе легко происходитъ при высокой температурѣ. Оно можетъ быть произведено помощью аппарата, который на первый взглядъ кажется немного сложнымъ, но который въ сущности очень простъ и легокъ для пониманія. Въ большой ретортѣ (фиг. 34) хлоръ выдѣляется изъ хлоростоводородной

Фиг. 34.



кислоты дѣйствіемъ черной окиси марганца. Газъ выходящій изъ этой реторты проходитъ еще черезъ меньшую реторту съ горячей водой. Хлоръ, насыщенный такимъ образомъ водянымъ паромъ, проходитъ тогда черезъ фарфоровую трубку, накаленную докрасна въ печи. Газъ, выходящій изъ накаленной докрасна трубки, легко узнается какъ смѣсь кислорода и хлористоводородной кислоты. Для отдѣленія обоихъ этихъ газовъ стоитъ только соединить съ фарфоровою трубкой промывальную стклянку, наполненную водой или растворомъ соды, которая поглощаетъ и удерживаетъ хлористоводородную кислоту, дозволяя чистому кислороду проходить черезъ газоотводную трубку въ опрокинутый цилиндръ.

Такимъ образомъ намъ удалось опредѣлить составъ воды анализомъ, т. е. съ одной стороны, разложивъ воду дѣйствіемъ

электрическаго тока на водородъ и кислородъ, и съ другой стороны, выдѣливъ изъ воды водородъ дѣйствіемъ натрія, а кислородъ дѣйствіемъ хлора, мы аналитически нашли, что кислородъ и водородъ представляютъ составныя части воды.

Для того, чтобы доказать теперь обратнымъ или синтетическимъ методомъ, что кислородъ и водородъ суть единственныя составныя части воды, мы должны, какъ уже объяснено, воспроизвести воду изъ кислорода и водорода.

Для этой цѣли мы употребляемъ двугорлую бутылку, съ воронкообразною трубкой въ одномъ горлѣ и съ сушильною трубкой съ купороснымъ масломъ въ другомъ; сушильная трубка соединена съ газоотводною трубкой съ узкимъ отверстіемъ у свободнаго конца. Въ двугорлую бутылку помѣщаютъ цинкъ и наливаютъ хлористоводородную кислоту, при чемъ развивается водородъ, который, теряя свою влажность во время прохода черезъ сушильную трубку, выходитъ совершенно сухой изъ газоотводной трубки.

Фиг. 35.



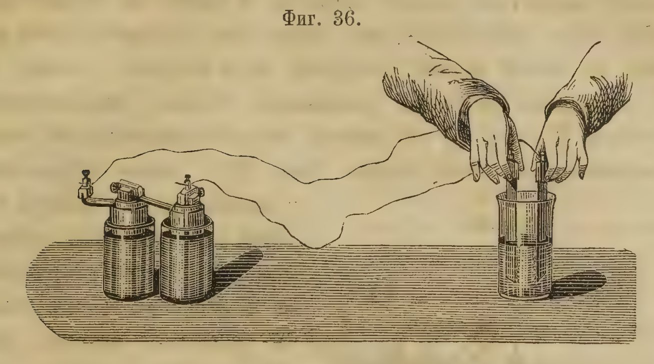
Газу даютъ удаляться въ продолженіе нѣкотораго времени, затѣмъ приближаютъ къ свободному отверстію газоотводной трубки горящую свѣчку и помѣщаютъ надъ горящимъ газомъ стеклянный колоколъ, наполненный сухимъ кислородомъ (фиг. 35). Стѣнки колокола скоро покрываются слоемъ влажности, которая мало по малу собирается въ капли воды.

Послѣ этихъ результатовъ относительно состава хлористоводородной кислоты и воды обратимся къ изслѣдованію амміака.

Подобно хлористоводородной кислотѣ и водѣ, и амміакъ разлагается дѣйствіемъ электрическаго тока,—но это дѣйствіе происходитъ немного медленнѣе. Къ раствору амміака, употребляемому для опыта, прибавляютъ двѣ-три капли сѣрной кислоты, для

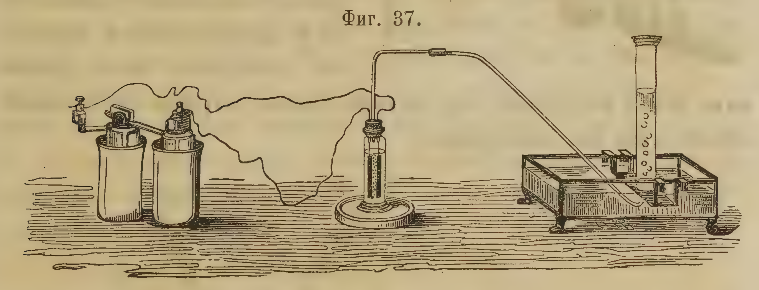
увеличенія его проводимости. По погруженіи полюсовъ батареи въ

Фиг. 36.



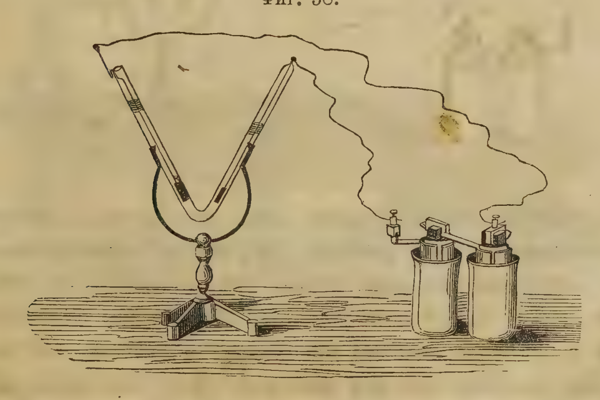
растворъ (фиг. 36) скоро замѣчаютъ развитіе газа. Производя

Фиг. 37.



этотъ опытъ въ закрытомъ сосудѣ (фиг. 37), собирается въ ци-

Фиг. 38.

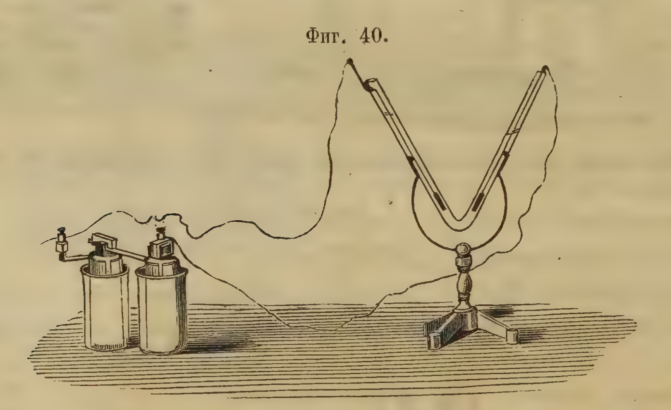


линдрѣ безцвѣтный, прозрачный и горючій и газъ, который мы

склонны принять за водородъ. Но помня результаты подобнаго опыта съ хлористоводородной кислотою и водой, мы вправѣ предполагать здѣсь присутствіе еще одного газа, —поэтому опять прибѣгаемъ къ нашей трубкѣ, согнутой подъ острымъ угломъ, которое дозволяетъ отдѣленіе различныхъ газовъ, выдѣляющихся у полюсовъ. И тутъ мы соединяемъ сперва отрицательный полюсъ съ закрытымъ колѣномъ трубки (фиг. 38); скоро собирающійся у положительнаго полюса газъ легко узнается какъ водородъ (фиг. 39). Мы поэтому сейчасъ же повторяемъ этотъ опытъ въ обратномъ порядкѣ (фиг. 40); при этомъ насъ скоро поражаетъ медленное развитіе газа у положительнаго полюса, что заставляетъ насъ продолжать опытъ по крайней мѣрѣ полчаса, чтобы получить достаточный объемъ газа для изслѣдованія.

Фиг. 39.

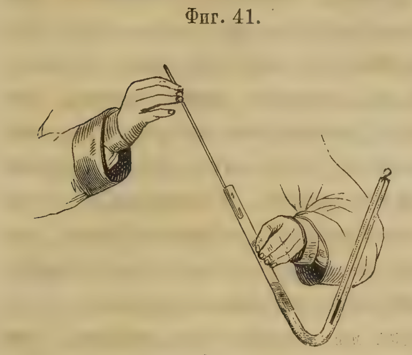
Фиг. 40.



Получаемый такимъ образомъ газъ безцвѣтенъ и прозраченъ, подобно водороду, отъ котораго онъ однако существенно отличается: приближая къ нему пламя, онъ не загорается. Отъ хлора и кислорода также легко отличить этотъ газъ. Отсутствіе запаха и цвѣта отличаетъ его отъ хлора, а дѣйствіе его на горящія тѣла отличаетъ его отъ кислорода. Погружая горящую свѣчку въ этотъ газъ, она мгновенно потухаетъ. Этотъ новый газъ,

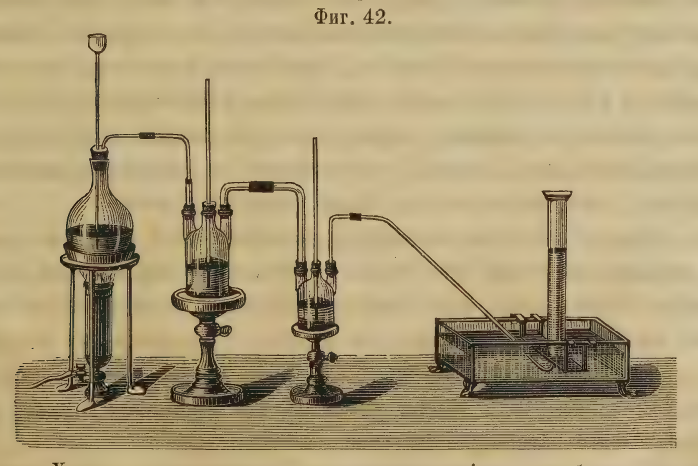
названный химиками азотомъ, отличается болѣе отсутствіемъ особенныхъ, отличительныхъ признаковъ, чѣмъ какими нибудь выдающимися свойствами. Эту характерную черту азота представляетъ и его объемный вѣсъ. Между тѣмъ какъ водородъ столько легче, а хлоръ столько тяжелѣе атмосфернаго воздуха, между тѣмъ какъ кислородъ еще довольно значительно тяжелѣе воздуха, объемный вѣсъ азота почти сходенъ съ объемнымъ вѣсомъ воздуха. Принимая вѣсъ водорода за единицу сравненія, объемный вѣсъ азота—14, между тѣмъ какъ объемный вѣсъ воздуха, какъ мы уже упомянули, равенъ 14,438. Это сходство объемнаго вѣса азота и воздуха насъ не удивитъ, когда мы узнаемъ впослѣдствіи, что азотъ—самая главная составная часть воздуха.

Фиг. 41.



Азотъ выдѣляется изъ амміака и дѣйствіемъ хлора,—тѣмъ же способомъ, который мы употребили для выдѣленія кислорода изъ

Фиг. 42.



воды. Хлоръ соединяется съ водородомъ амміака, освобождая азотъ, уже при обыкновенной температурѣ. Для этой цѣли мы дѣйствуемъ хлоромъ на крѣпкій растворъ амміака въ большихъ трехгор-

лыхъ бутыляхъ (фиг. 42). Сильное дѣйствіе хлора сейчасъ узнается по образованію бѣлыхъ паровъ, наполняющихъ верхнюю часть бутыли; входъ каждаго пузырька хлора сопровождается особеннымъ явленіемъ свѣта, и изъ жидкости выдѣляется газъ. Бѣлые пары принадлежатъ образующемуся твердому тѣлу, на которое мы однако теперь обращаемъ вниманіе лишь потому, что его образованіемъ обусловливается употребленіе широкихъ соединительныхъ трубокъ въ аппаратѣ, такъ какъ узкія трубки скоро засорились бы отъ сгущенія паровъ. Развивающійся газъ проходитъ черезъ промывальную бутылку и собирается надъ водою; оказывается, что это тотъ же особенный газъ, азотъ, который мы получили при электрическомъ разложеніи амміака.

Помощью электрическаго тока мы аналитически доказали, что водородъ и азотъ составныя части амміака. Кромѣ того, присутствіе водорода въ амміакѣ мы доказали дѣйствіемъ натрія, а присутствіе азота—дѣйствіемъ хлора на амміакъ.

Слѣдуя ходу изслѣдованія хлористоводородной кислоты и воды, мы должны были бы теперь доказать еще синтетически, что водородъ и азотъ — единственныя составныя части амміака. Къ сожалѣнію, до сихъ поръ еще не извѣстенъ способъ воспроизвести амміакъ прямымъ путемъ изъ водорода и азота; мы должны поэтому пока довольствоваться замѣчаніемъ, что водородъ и азотъ выдѣлены и взвѣшены были изъ извѣстнаго количества по вѣсу амміака, и что вѣса обоихъ газовъ вполнѣ составляютъ вѣсъ даннаго количества амміака, подвергнутаго разложенію,—фактъ, неопровержимо доказывающій, что амміакъ не содержитъ никакихъ другихъ составныхъ частей, кромѣ водорода и азота.

Изученіе трехъ соединеній хлористоводородной кислоты, воды и амміака, обогатило насъ рядомъ фактовъ, которыхъ вся важность станетъ намъ ясна лишь впослѣдствіи. Во всякомъ случаѣ, мы пріобрѣли уже взглядъ въ область, для раскрытія которой намъ еще нужно сдѣлать много. Бѣглый взглядъ на пройденный уже путь, кажется, будетъ умѣстенъ для облегченія и ускоренія дальнѣйшаго знакомства съ этой областію.

Мы видѣли, какъ подъ вліяніемъ электричества, тепла и извѣстныхъ химическихъ дѣятелей небольшое количество всѣмъ извѣстныхъ тѣлъ подвергалось самымъ страннымъ превращеніямъ.

Намъ удалось, помощью надлежащихъ способовъ, разложить хлористоводородную кислоту на хлоръ и водородъ, воду—на кислородъ и водородъ, амміакъ—на азотъ и водородъ. По крайней мѣрѣ, что касается хлористоводородной кислоты и воды, то намъ удалось опять образовать ихъ изъ ихъ составныхъ частей; прямой синтезъ амміака пока не возможенъ, но мы видѣли, что химики въ этомъ случаѣ рѣшили свою задачу въ другой формѣ, помощью вѣсовъ. Такимъ образомъ самыя строгія доказательства даютъ намъ право считать водородъ и хлоръ, водородъ и кислородъ, водородъ и азотъ настоящими и единственными составными частями хлористоводородной кислоты, воды и амміака. Это прямо ведетъ насъ теперь къ вопросу о характерѣ и составѣ этихъ составныхъ частей.

Въ состояніи ли мы розложить водородъ, кислородъ, хлоръ и азотъ на болѣе простыя формы матеріи? А если это возможно, то какими способами?

На эти вопросы, съ которыми естествоиспытатели настоящаго и прошедшаго времени неоднократно обращались къ природѣ, до сихъ поръ получался все одинъ отвѣтъ: водородъ, хлоръ, кислородъ и азотъ не могутъ быть разложены тѣми средствами, которыя наука имѣетъ теперь въ своемъ распоряженіи. Эти газы выдерживали до сихъ поръ безъ измѣненія самое могучее дѣйствіе электричества и теплоты,—они не измѣнялись до сихъ поръ и отъ дѣйствія всевозможныхъ химическихъ реакцій. Мы поэтому имѣемъ право считать водородъ, хлоръ, кислородъ и азотъ *неразложимыми или простыми тѣлами, элементами*, въ противоположность къ *разложимымъ или сложнымъ тѣламъ, соединеніямъ*, какъ хлористоводородная кислота, вода и амміакъ.

Сколько такихъ простыхъ и сложныхъ тѣлъ? Мы находимъ тысячи сложныхъ тѣлъ въ *неорганической* природѣ, въ различныхъ каменныхъ породахъ и минераллахъ, образующихъ нашу земную кору,—мы находимъ безчисленное множество этихъ тѣлъ, въ безконечномъ разнообразіи, въ *органической* природѣ, въ растительномъ и животномъ царствахъ. Однако это безконечное разнообразіе формъ матеріи образуется различнымъ соединеніемъ лишь 62 простыхъ тѣлъ или элементовъ. Даже небесныя тѣла, повидимому, состоятъ изъ тѣхъ же простыхъ тѣлъ, какъ

и земля. Въ метеорныхъ камняхъ, падающихъ иногда на нашу землю, не нашли никакихъ новыхъ элементовъ, а изслѣдованія новѣйшаго времени привели къ смѣлому, но справедливому заключенію, что многіе, если не всѣ земные элементы содержатся и въ солнцѣ и въ другихъ неподвижныхъ звѣздахъ.

На слѣдующей таблицѣ мы находимъ названія этихъ 62 элементовъ, въ алфавитномъ порядкѣ; они распредѣлены въ ней на три группы, которыя легко отличить по различному шрифту. Первая изъ этихъ группъ, напечатанная наибольшимъ шрифтомъ, заключаетъ, кромѣ четырехъ уже извѣстныхъ намъ элементовъ, еще 14 другихъ, наиболѣе распространенныхъ на поверхности земли. Эта группа обнимаетъ главныя составныя части моря (кислородъ и водородъ), воздуха (кислородъ и азотъ), земной коры (кислородъ въ соединеніи съ кремніемъ, углеродомъ и нѣкоторыми металлическими элементами). Рядомъ съ этими элементами эта группа обнимаетъ и другіе элементы, какъ напр. бромъ и іодъ, хотя менѣе обильно, но почти столь же часто распространенные. Вторая группа элементовъ, напечатанная немного меньшимъ шрифтомъ, обнимаетъ 23 элемента, которые не распространены въ окружающей насъ природѣ въ такой же степени, какъ элементы первой группы, но всѣ имѣютъ большее или меньшее примѣненіе въ искусствахъ и ремеслахъ, какъ мѣдь, олово, цинкъ и т. д., извѣстные намъ уже изъ ежедневной жизни. Наконецъ третья группа, напечатанная еще меньшимъ шрифтомъ, обнимаетъ 21 элементъ, которые можно назвать рѣдкостями природы; эти тѣла встрѣчаются въ природѣ въ такихъ незначительныхъ количествахъ или такъ отдѣльно, что до сихъ поръ напрасно трудились опредѣлить ихъ роль въ экономіи природы или употребить ихъ для промышленныхъ цѣлей. Къ этой послѣдней группѣ элементовъ присоединится, вѣроятно, недавно открытый новый элементъ, индій, если дальнѣйшія изслѣдованія,—въ чемъ впрочемъ трудно сомнѣваться,—подтвердятъ его индивидуальность. Въ этой группѣ слѣдовало бы, можетъ быть, помѣстить и названія нѣкоторыхъ мнимыхъ элементовъ, тербія и норія, но новѣйшія изслѣдованія сдѣлали существованіе этихъ тѣлъ столь сомнительными, что мы не рѣшаемся помѣстить ихъ въ спискѣ элементовъ, которыхъ индивидуальность не подлежитъ сомнѣнію.

Алфавитный списокъ элементовъ.

АЗОТЪ.
БАРІЙ.
бериллій (глицій).
БОРЪ.
БРОМЪ.
ванадій.
ВИСМУТЪ.
ВОДОРОДЪ.
ВОЛЬФРАМЪ.
ГЛИНІЙ.
дидимъ.
ЖЕЛѢЗО.
ЗОЛОТО.
ИРИДІЙ.
ИТРІЙ
ІОДЪ.
кадмій,
КАЛІЙ.
КАЛЬЦІЙ.
КИСЛОРОДЪ.
КОБАЛЬТЪ.

КРЕМНІЙ.
лантанъ.
литій.
МАГНІЙ.
МАРГАНЕЦЪ.
молибденъ.
МѢДЬ.
МЫШЬЯКЪ.
НАТРІЙ.
НИККЕЛЬ.
ніобій.
ОЛОВО.
осмій.
ПАЛЛАДІЙ.
ПЛАТИНА.
РОДІЙ.
РТУТЬ.
рубидій.
рутеній.
СВИНЕЦЪ.

селенъ.
СЕРЕБРО.
СТРОНЦІЙ.
СЮРЬМА.
СѢРА.
талій.
танталъ.
теллуръ.
ТИТАНЪ.
торій.
УГЛЕРОДЪ.
УРАНЪ.
ФОСФОРЪ.
ФТОРЪ.
ХЛОРЪ.
ХРОМЪ.
цезій.
церій.
ЦИНКЪ.
цирконій.
эрбій.

Едва ли нужно еще замѣтить, что распредѣленіе элементовъ въ этой таблицѣ не имѣетъ строгаго основанія,—она имѣетъ только цѣлью показать, какую различную важность имѣютъ для насъ различные элементы. Между этими группами существуютъ переходныя ступени,—и нерѣдко пограничные члены ихъ могутъ почти столь же справедливо быть отнесены къ одной, какъ и къ другой группѣ. Съ перваго взгляда таблица показываетъ уже, что лишь около $^1/_3$ элементовъ представляетъ для насъ первостепенную важность и что приблизительно столько же элементовъ имѣютъ для насъ второстепенную важность. Наше вниманіе должно быть сосредоточено почти исключительно на этихъ двухъ группахъ элементовъ. Рѣдкія тѣла могутъ быть разсмотрѣны нами лишь мимоходомъ.

Уже изъ того, какъ мы дошли до понятія объ элементахъ, слѣдуетъ, что это выраженіе должно быть употребляемо съ извѣстными ограниченіями.

Приведенныя въ предъидущей таблицѣ тѣла—для насъ элементы, потому что мы не имѣемъ возможности разлагать ихъ. Но, можетъ быть, дальнѣйшій успѣхъ науки откроетъ нашему потомству возможность разлагать эти тѣла, такъ что нѣкоторые изъ нашихъ элементовъ не будутъ для нихъ элементами.

Исторія науки сохраняетъ множество примѣровъ такого прогрессивнаго упрощенія,—начиная отъ времени «классическихъ элементовъ», которые перестали для насъ быть элементами, почти до самаго новѣйшаго времени,—и было бы смѣло сомнѣваться въ возможности подобныхъ примѣровъ въ будущемъ.

III.

Сложныя тѣла. — Объемныя отношенія и сгущеніе составныхъ частей, объясненныя анализомъ хлористоводородной кислоты, воды и амміака. — Отличіе химическаго соединенія отъ химической смѣси. — Отличительные признаки химическаго соединенія, объясненные на опытѣ. — Смѣшеніе и соединеніе элементарныхъ составныхъ частей хлористоводородной кислоты и воды.—Постоянство химическаго соединенія. — Различіе свойствъ химическаго соединенія и составныхъ его частей.

Чтобы открыть себѣ новыя точки зрѣнія, будемъ продолжать изученіе сложныхъ тѣлъ, хлористоводородной кислоты, воды и амміака, которыя мы выбрали для начала нашихъ занятій; постараемся прежде всего опредѣлить отношенія объемовъ, въ которыхъ элементы, водородъ, хлоръ, кислородъ и азотъ, соединяются для образованія занимающихъ насъ сложныхъ тѣлъ.

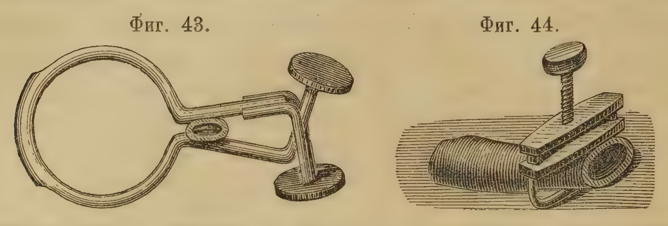
Для опредѣленія отношенія объемовъ, въ которыхъ водородъ и хлоръ соединяются для образованія хлористоводородной кислоты, мы должны опять разложить это сложное тѣло, при условіяхъ, позволяющихъ измѣрить объемъ отдѣляющагося водорода.

Для этой цѣли мы употребляемъ стеклянную трубку, въ формѣ буквы U, имѣющую около 50 сантиметровъ длины и около 1,5 сантиметровъ въ діаметрѣ, съ однимъ закрытымъ и другимъ открытымъ колѣномъ. Эту трубку мы укрѣпляемъ въ удобной стойкѣ. У самаго сгиба трубки припаяна къ ея открытому колѣну маленькая трубочка, къ которой прикрѣпленъ кусокъ каучуковой трубки, съ упругими клещами изъ проволоки, помощью которыхъ каучуковая трубка можетъ быть закрываема и открываема. Замѣ-

*

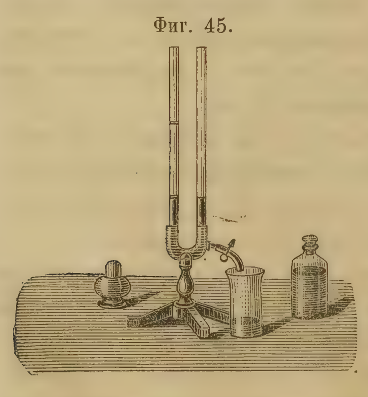
тимъ мимоходомъ, что это приспособленіе (каучуковая трубка съ упругими клещами) очень удобно употребляется вмѣсто обыкновеннаго крана; оно такъ часто употребляется въ химическихъ лабораторіяхъ, что, во избѣжаніе многословія впослѣдствіи, я предложилъ бы называть его впредъ **клещевымъ краномъ**. Этотъ кранъ ясно представленъ на фиг. 43. На фиг. 44 пред-

Фиг. 43. Фиг. 44.



ставлено другое маленькое приспособленіе подобнаго рода, при которомъ сжиманіе каучуковой трубки производится помощью винта. Въ настоящемъ случаѣ клещевой или винтовой кранъ служитъ для облегченія впусканія въ аппаратъ надлежащаго объема газа для изслѣдованія. Для этой цѣли наполняютъ сперва ртутью нашу трубку, затѣмъ открываютъ клещевой кранъ, чтобы дать постепенный выходъ ртути изъ ея открытаго колѣна. Тогда проводятъ газоотводную трубку аппарата, развивающаго хлористоводородный газъ, въ открытое колѣно трубки до самаго ея сгиба, такъ чтобы газъ поднимался вверхъ чрезъ ртуть въ закрытое колѣно трубки, вытѣсняя оттуда соотвѣтственный объемъ ртути. По впусканіи въ закрытое колѣно трубки надлежащаго количества сухаго хлористоводороднаго газа, закрываютъ клещами каучуковую трубку и вливаютъ ртуть въ стеклянную трубку, пока она не находится на одинаковомъ уровнѣ въ ея обоихъ колѣнахъ. За тѣмъ отмѣчаютъ какимъ нибудь удобнымъ образомъ пространство, занимаемое въ трубкѣ газомъ,—всего лучше надѣвая каучуковое кольцо на трубку (фиг. 45).

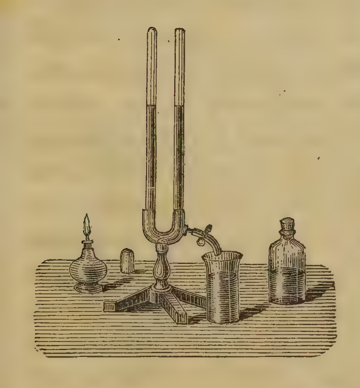
Фиг. 45.



Часть открытаго колѣна трубки, незанятую ртутью, наполняютъ

натровой амальгамой (ср. стр. 8), затѣмъ закрываютъ открытый конецъ трубки пальцемъ или стеклянною затычкой. При надлежащемъ наклоненiи трубки газъ легко можетъ быть теперь переведенъ изъ закрытаго въ открытое колѣно; при этомъ онъ конечно проходитъ чрезъ натровую амальгаму, которая разлагаетъ его. Чтобы быть увѣреннымъ въ полномъ разложенiи газа, необходимо покачать нѣсколько разъ аппаратъ, такъ чтобы каждая часть газа пришла въ полное прикосновенiе съ амальгамой. При обратномъ наклоненiи трубки опять переводятъ газъ въ закрытое колѣно. Удаляя теперь затычку или палецъ отъ отверстiя открытаго колѣна, высота ртути становится въ немъ немного меньше. Открывая клещевой кранъ и доливая въ открытое колѣно ртуть, она наконецъ приходитъ въ одинаковый уровень въ обоихъ колѣнахъ трубки; при этомъ находятъ, что газъ занимаетъ ровно половину своего первоначальнаго объема (фиг. 46). Конечно, остающiйся газъ— водородъ, котораго легко узнать по его загораемости.

Фиг. 46.



Этотъ опытъ показываетъ намъ, что всякiй данный объемъ хлористоводородной кислоты содержитъ половину своего объема водорода. Намъ остатеся поэтому теперь опредѣлить, съ какимъ объемомъ хлора данный объемъ водорода соединенъ въ хлористоводородной кислотѣ.

Это мы узнаемъ помощью другаго опыта. Мы опять подвергаемъ хлористоводородную кислоту электролизу въ описанномъ уже аппаратѣ, при чемъ получаемъ описанные уже результаты (ср. стр. 15). У отрицательнаго полюса освобождается въ изобилiи водородъ, между тѣмъ какъ у положительнаго полюса въ тоже время освобождается хлоръ. Но въ началѣ опыта хлоръ почти совершенно поглощается жидкостью, и лишь по насыщенiй этой жидкости хлоромъ, онъ начинаетъ накопляться подобно водороду. Въ это время соединяютъ газоотводную трубку аппарата помощью каучуковой трубки съ стеклянною трубкой, имѣющею около 40—50 сантиметровъ въ длину и около 1,5 сантимет-

ра въ діаметрѣ. Оба конца этой трубки вытянуты у лампы въ узкія шейки. Эта трубка наполняется смѣсью водорода и хлора, освобождающеюся электролизомъ изъ хлористоводородной кислоты.

Для вытѣсненія изъ трубки всякихъ слѣдовъ воздуха необходимо дать смѣси газовъ проходить чрезъ трубку въ продолженіи довольно значительнаго времени, а такъ какъ хлоръ очень вреденъ для здоровья, то необходимо въ тоже время принять мѣры противъ его удаленія въ воздухъ. Для этого соединяютъ свободный конецъ трубки съ нижнею частью цилиндра, наполненнаго коксомъ, смоченнымъ щелочною жидкостью, поглощающею хлоръ. Чрезъ этотъ цилиндръ проходитъ смѣсь газовъ, оставляя въ немъ хлоръ, такъ что въ воздухъ удаляется лишь безвредный водородъ. Или можно для этой цѣли производить операцію подъ каминомъ съ сильною тягой. По прошествіи 1—2 часовъ можно считать эту операцію оконченною; тогда отдѣляютъ трубку и немедленно запаиваютъ ея тонко вытянутые концы.

Замѣтимъ при этомъ случаѣ, что эта послѣдняя манипуляція,— если она должна быть произведена съ смѣсями газовъ, легко производящими взрывъ, какъ въ настоящемъ случаѣ,— требуетъ значительной предосторожности. Во время запаиванія трубки необходимо избѣгать прикосновенія между пламенемъ и смѣсью газовъ. Это прикосновеніе непремѣнно происходитъ, если прилагать пламя къ самой оконечности или отверстію трубки. Для избѣжанія этого прикосновенія, другими словами, для того чтобы между пламенемъ и смѣсью газовъ находился всегда слой стекла, пламя должно быть направлено не на отверстіе трубки, а на вытянутую шейку у ея конца. Эта шейка скоро плавится,—ея стѣнки сплавляются, запирая такимъ образомъ конецъ трубки. Конецъ шейки за мѣстомъ ея сплавленія можетъ быть удаленъ, когда стекло еще мягко. При такомъ образѣ дѣйствія надъ достаточно вытянутою и тонкостѣнною шейкой запаиваніе трубокъ довольно безопасно. Впрочемъ для большей безопасности отъ случайнаго взрыва, вслѣдствіе сильнаго накаливанія ими стекла, хорошо завернуть трубку во время запаиванія полотенцемъ.

По запаиваніи обоихъ концовъ трубки, можно приступить къ изслѣдованію ея содержанія. Для этого намъ нужно привести смѣсь газовъ въ прикосновеніе съ жидкостью, способною поглощать хлоръ,

но не водородъ. Вода соотвѣтствуетъ нашей цѣли; ея сила поглощенія можетъ быть еще увеличена прибавленіемъ небольшаго количества натра. При этомъ удобно окрасить растворъ натра растительной краской, напр. настоемъ кампешеваго дерева, такъ какъ въ этомъ случаѣ легко узнается присутствіе хлора по его бѣлильному свойству. Запаянный, тонко вытянутый конецъ трубки погружаютъ въ приготовленный такимъ образомъ растворъ, отламываютъ этотъ конецъ подъ жидкостью, послѣ чего смѣсь газовъ приходитъ въ прикосновеніе съ растворомъ, начинается поглощеніе хлора, на мѣсто котораго поднимается въ трубку жидкость. Поглощеніе происходитъ однако очень медленно, вслѣдствіе крайней незначительности поверхности жидкости, подверженной дѣйствію смѣси газовъ, въ тонко вытянутомъ концѣ трубки. Очевидно, что это поглощеніе можно значительно ускорить, если увеличить поверхность прикосновенія между жидкостью и газомъ, если напр. смочить всю внутреннюю поверхность трубки поглощающею жидкостью.

Для достиженія этой цѣли мы имѣемъ особенный приборъ (фиг. 47). Онъ состоитъ изъ каучуковой трубки, плотно охватывающей однимъ концомъ тонко вытянутую, закрытую шейку трубки, содержащей смѣсь газовъ, а другимъ концомъ маленькую стеклянную воронку, чрезъ которую она можетъ быть наполнена окрашеннымъ растворомъ натра. Воронка снабжена краномъ, который закрываютъ по наполненіи каучуковой трубки растворомъ натра. Таким образомъ, благодаря этому приспособленію, шейка нашей трубки погружается въ растворъ натра, такъ что отламывая эту шейку, — что очень легко при гибкости каучуковой трубки, — растворъ можетъ проходить въ трубку. Наклоняя трубку надлежащимъ образомъ, можно заставить растворъ распространиться тонкимъ слоемъ по всей внутренней поверхности трубки, такъ что онъ представляетъ значительную плоскость смѣси газовъ. Поглощеніе хлора происходитъ тогда съ значительною скоростью. По окончаніи этого процесса погружаютъ въ высокій цилиндръ съ водой конецъ трубки, снабженный воронкой, удаляютъ эту воронку подъ водой, и продолжаютъ опытъ обыкновеннымъ порядкомъ, дозволяя жидкости подниматься въ трубкѣ, пока не по-

Фиг. 47.



глощенъ весь хлоръ. Опытъ можно считать оконченнымъ, когда жидкость перестаетъ подниматься въ трубкѣ.



Фиг. 48.

Теперь погружаютъ трубку глубже въ воду, пока она не находится на одинаковомъ уровнѣ внутри и внѣ трубки. При этомъ находятъ, что трубка наполняется ровно на половину водой, другими словами, что ровно половина ея газоваго содержанія поглощена. Бѣлильное дѣйствіе поглощеннаго газа на окрашенный растворъ ясно доказываетъ, что этотъ поглощенный газъ — хлоръ.

Характеръ оставшагося газа очень легко опредѣлить, погружая еще глубже трубку въ воду, отламывая ея верхній прямо вытянутый конецъ и приближая горящую свѣчу къ струѣ газа, вытѣсняемаго такимъ образомъ давленіемъ воды; газъ немедленно загорается характернымъ блѣдно голубымъ пламенемъ водорода.

Эти явленія даютъ простой и удовлетворительный отвѣтъ на вопросъ, неразрѣшенный предъидущимъ опытомъ. Дѣйствіе натрія на хлористоводородную кислоту показало намъ, что 2 объема этой кислоты содержатъ 1 объемъ водорода; электролизъ хлористоводородной кислоты показываетъ, что для ея образованія 1 объемъ водорода соединяется съ 1 объемомъ хлора.

Оба эти опыта, вмѣстѣ взятые, пополняютъ пробѣлъ, оставленный нашимъ прежнимъ изслѣдованіемъ хлористоводородной кислоты. Благодаря нашимъ прежнимъ и настоящимъ результатамъ, мы имѣемъ теперь полныя и неопровержимыя доказательства: 1) что хлористоводородная кислота состоитъ изъ хлора и водорода, 2) эти два элемента — ея единственныя составныя части, 3) что эти элемента соединяются для ея образованія въ равныхъ объемахъ и наконецъ 4) что, соединяясь, они не производятъ никакого сокращенія или сжатія, а производятъ объемъ

сложнаго газа, равный суммѣ объемовъ его элементныхъ составныхъ частей.

Послѣднiй фактъ, — соединенiе водорода и хлора безъ сжатiя или расширенiя, — можетъ быть доказанъ еще другимъ убѣдительнымъ опытомъ. Пока электролитическiй аппаратъ, употребленный въ сейчасъ описанномъ опытѣ, развиваетъ еще водородъ и хлоръ въ томъ отношенiи, въ какомъ оба газа соединены въ хлористоводородной кислотѣ, мы можемъ замѣнить употребленную въ предъидущемъ опытѣ трубку другою трубкой, одинаковой длины, но меньшаго дiаметра, около $^1/_2$ сантиметра, и изъ болѣе плотнаго стекла. Оба конца этой трубки также вытянуты въ очень узкiя шейки. Какъ только эта трубка совершенно очищена отъ воздуха и наполнена исключительно газообразными составными частями хлористоводородной кислоты, запаиваютъ ея узкiя шейки и подвергаютъ ея содержанiе дѣйствiю свѣта, который производитъ соединенiе смѣшанныхъ газовъ.

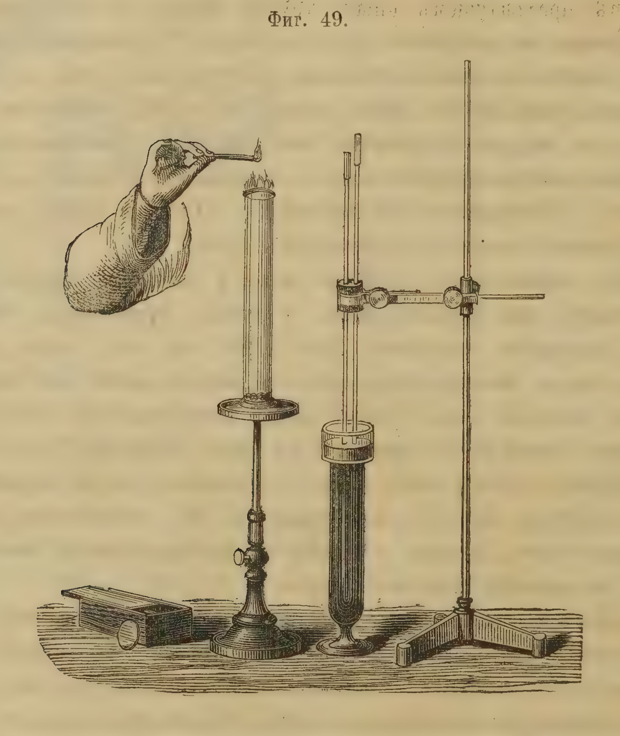
Это замѣчательное дѣйствiе можетъ быть произведено естественнымъ или искусственнымъ свѣтомъ. Лучи солнца производятъ мгновенное соединенiе газовъ. Но такъ какъ этими лучами свѣта мы не можемъ распологать во всякое время и во всякомъ мѣстѣ, то намъ очень удобно имѣть искусственный свѣтъ, достаточно сильный для произведенiя этого дѣйствiя. Такой свѣтъ представляетъ намъ синее пламя отъ сгоранiя двухъ веществъ — окиси азота и двусѣрнистаго углерода. Мы займемся послѣ этими веществами; теперь я опишу только манипуляцiи, необходимыя для производства этого опыта.

Для этой цѣли вводятъ въ длинный стекляный цилиндръ, наполненный газомъ — окисью азота, около 8 — 10 кубическихъ сантиметровъ жидкости — двусѣрнистаго углерода. Это всего удобнѣе сдѣлать помощью очень тонкихъ стекляныхъ шариковъ, требуемаго объема, наполненныхъ двусѣрнистымъ углеродомъ и затѣмъ запаянныхъ у лампы. Удаляютъ стеклянную покрышку цилиндра, наполненнаго окисью азота, опускаютъ въ него стекляный шарикъ, наполненный двусѣрнистымъ углеродомъ, и немедленно снова закрываютъ цилиндръ. Такимъ образомъ почти совершенно избѣгаютъ прикосновенiя атмосфернаго воздуха. Затѣмъ покачиваютъ немного цилиндръ, для разбиванiя стекляннаго шарика, послѣ

чего немедленно получается требуемая смѣсь газа и пара. Теперь приближаютъ горящую спичку къ открытому отверстію цилиндра, отчего смѣсь загорается и горитъ блестящимъ, ярко-голубымъ пламенемъ, которое опускается въ цилиндръ. Лучи этого свѣта мгновенно производятъ соединеніе хлора съ водородомъ; оно сопровождается явленіемъ свѣта, слабымъ трескомъ, и немедленнымъ исчезновеніемъ зеленоватаго цвѣта смѣси.

Фиг. 49 представляетъ расположеніе аппарата. Налѣво на-

Фиг. 49.



ходится стекляный цилиндръ, въ которомъ производится свѣтъ; направо находится смѣсь газовъ, которую подвергаютъ дѣйствію свѣта. Для опыта берутъ двѣ трубки, наполненныя смѣсью газовъ, вмѣсто одной, для бо́льшей безопасности отъ неудачи, такъ какъ этотъ опытъ иногда не удается, по несовершенно опредѣленнымъ еще причинамъ.

Для изслѣдованія продукта соединенія водорода съ хлоромъ,

отламываютъ нижній конецъ одной трубки, — немедленно получается первое указаніе: ни газъ не выходитъ изъ трубки, ни ртуть не проникаетъ въ трубку. Отсюда ясно, что соединеніе газовъ произошло безъ сжатія или расширенія ихъ объема.

Второе указаніе результата опыта получается, наливая воду на ртуть и понижая трубку, такъ чтобы ея открытый конецъ былъ погруженъ не въ ртуть, а въ воду. Это производитъ разительное дѣйствіе. Положеніе равновѣсія, существовавшее пока трубка была погружена въ ртути, мгновенно прекращается; какъ только вода приходитъ въ прикосновеніе съ газомъ, она немедленно его поглощаетъ; это поглощеніе происходитъ такъ быстро, что вода почти мгновенно наполняетъ всю трубку. Легко показать, помощью извѣстныхъ намъ уже опытовъ, что жидкость въ трубкѣ представляетъ растворъ хлористоводородной кислоты. Эти результаты подтверждаютъ наши прежнія экспериментальныя доказательства, что хлористоводородная кислота образуется соединеніемъ одинаковыхъ объемовъ хлора и водорода, безъ сжатія.

Производство этого опыта, съ солнечнымъ свѣтомъ или свѣтомъ двусѣрнистаго углерода, требуетъ нѣкоторыя предосторожности для защиты экспериментатора отъ могущаго случиться несчастія. Газы во время соединенія развиваютъ столько теплоты, вслѣдствіе чего они такъ сильно расширяются, что часто разбиваютъ трубку. Экспериментаторъ долженъ поэтому защищаться при этомъ опытѣ отъ дребезговъ разбитой трубки какою нибудь ширмой, для чего очень годна плотная стеклянная пластинка. Однако сама трубка очень рѣдко разбивается; большею частью она разбивается у одного изъ закрытыхъ концовъ. Для избѣжанія потери опыта отъ подобнаго случая, покрываютъ верхній конецъ трубки сургучемъ, расплавляя сургучъ въ глубокой чашкѣ и погружая туда конецъ трубки, — онъ покрывается при этомъ слоемъ сургуча, который потомъ охлаждается и отвердѣваетъ. Что касается нижняго конца трубки, то потеря черезъ него газа легко избѣгается въ случаѣ его растрескиванія, погружая его въ цилиндръ, наполненный ртутью.

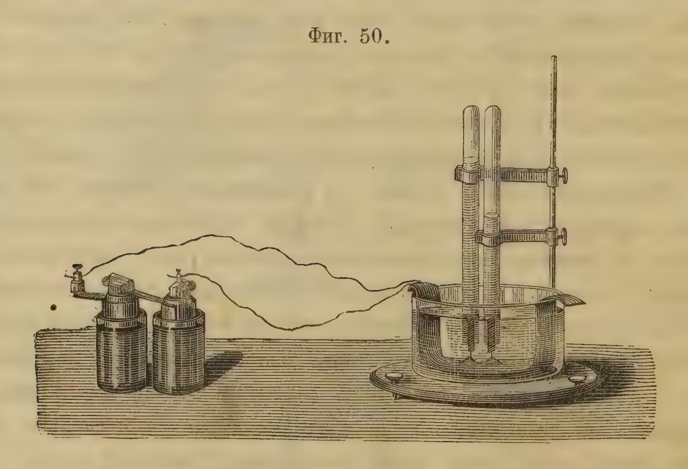
Отношеніе объемовъ кислорода и водорода при ихъ соединеніи въ воду всего удобнѣе опредѣлить электролизомъ воды.

Мы уже пользовались дѣйствіемъ электрическаго тока для

опредѣленія составныхъ частей воды. Въ то же время мы узнали, что водородъ развивается при этомъ въ гораздо большемъ количествѣ, чѣмъ кислородъ. Цѣлесообразное измѣненіе употребленнаго нами тогда аппарата даетъ намъ возможность съ точностью опредѣлить отношеніе объемовъ развивающихся при этомъ кислорода и водорода.

Для этой цѣли наполняютъ окисленной водой двѣ стекляныя трубки, одинаковаго діаметра, закрытыя у одного конца и открытыя у другаго; эти трубки прикрѣпляютъ отверстіями внизъ надъ сосудомъ, также наполненнымъ окисленною водою, такъ что отверстія обѣихъ трубокъ находятся подъ поверхностію воды сосуда (фиг. 50). Проволоки или полюсы батареи, надлежащимъ обра-

Фиг. 50.



зомъ уединенные слоемъ гуттаперчи (кромѣ концовъ), погружены въ воду сосуда, такъ что подъ каждою трубкой находится по концу проволоки, къ которымъ прикрѣплены платиновыя пластинки.

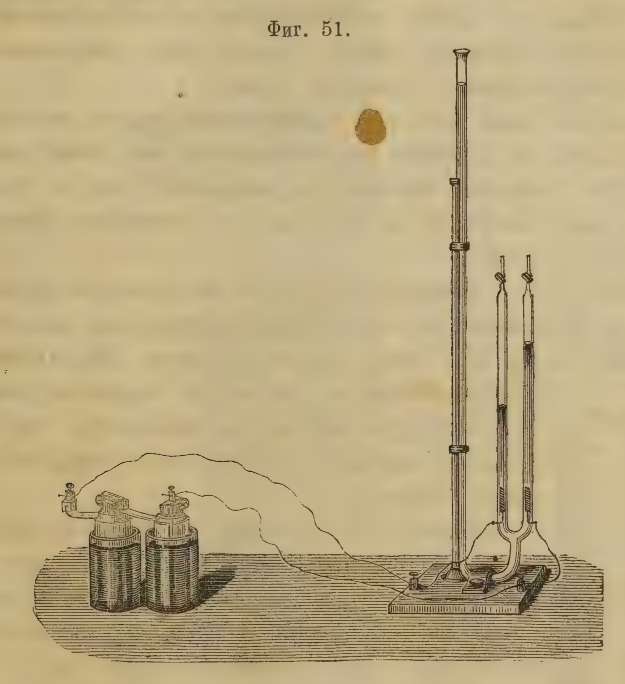
Электрическій токъ, проходя черезъ воду между полюсами разлагаетъ ее на ея составныя газообразныя части, которыя поднимаются въ трубкахъ съ положительнаго и отрицательнаго полюсовъ. При этомъ, какъ и прежде, у отрицательнаго полюса накопляется гораздо больше газа.

Когда въ трубкахъ собирается достаточное количество обоихъ газовъ, тогда становится очевиднымъ, что съ отрицательнаго полюса отдѣляется ровно два объема газа на каждый одинъ объемъ

газа, отдѣляющагося у положительнаго полюса. Но мы уже знаемъ изъ прежнихъ опытовъ, что газъ, отдѣляющійся у отрицательнаго полюса въ большемъ количествѣ,—водородъ, между тѣмъ какъ газъ, отдѣляющійся въ меньшемъ количествѣ у положительнаго полюса,—кислородъ. Мы конечно можемъ это опять доказать, испытывая газы обѣихъ трубокъ извѣстными намъ уже средствами. Такимъ образомъ доказано, что въ водѣ два объема водорода соединены съ однимъ объемомъ кислорода.

Фиг. 51 представляетъ усовершенствованную форму аппарата для доказательства этого важнаго факта. Вмѣсто двухъ отдѣльныхъ

Фиг. 51.



закрытыхъ трубокъ, опрокинутыхъ надъ водой въ сейчасъ описанномъ опытѣ, мы здѣсь имѣемъ трехколѣнную трубку,—съ однимъ длиннымъ и двумя короткими колѣнами. Длинное колѣно служитъ въ этомъ аппаратѣ резервуаромъ воды, вмѣсто сосуда въ прежнемъ аппаратѣ. Въ каждомъ изъ короткихъ колѣнъ, снабженныхъ вверху кранами и свободно сообщающихся внизу съ длиннымъ колѣномъ, заключается по платиновому электроду. Когда

электрическій токъ проходитъ черезъ воду въ этомъ аппаратѣ, то каждый изъ отдѣляющихся газовъ отдѣльно собирается въ одномъ изъ короткихъ колѣнъ. По мѣрѣ накопленія газа въ короткихъ колѣнахъ, вода вытѣсняется изъ нихъ снизу, поднимаясь въ длинномъ колѣнѣ, въ которомъ она образуетъ столбъ, котораго давленіе служитъ впослѣдствіи для вытѣсненія газа изъ короткихъ колѣнъ черезъ открытые краны, для испытанія свойства полученныхъ газовъ.

Намъ остается теперь узнать, происходитъ ли какое нибудь измѣненіе объема при соединеніи кислорода и водорода въ воду, или кислородъ и водородъ образуютъ при своемъ соединеніи, подобно хлору и водороду, объемъ сложнаго газа, совершенно равный суммѣ объемовъ составныхъ газовъ.

Для этой цѣли намъ необходимо сравнить объемъ первоначальныхъ газовъ съ объемомъ образующейся изъ нихъ воды, при температурѣ, достаточно высокой для поддержанія воды въ чисто газообразномъ состояніи, въ которомъ ее обыкновенно называютъ с у х и м ъ п а р о м ъ.

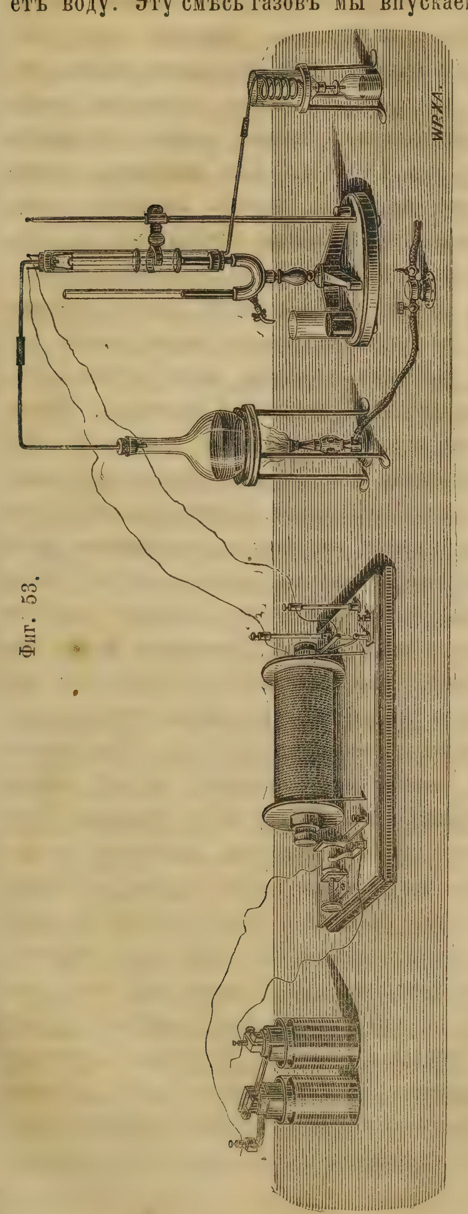
Этотъ опытъ производятъ въ такой же изогнутой трубкѣ, какую мы употребили для анализа хлористоводородной кислоты. У закрытаго конца этой трубки впаяны въ стекло двѣ платиновыя проволоки. Внутри трубки эти проволоки отстоятъ другъ отъ друга лишь на два миллиметра; извнѣ эти проволоки закручены въ петли, для прикрѣпленія проволокъ батареи.

Фиг. 52.

Приспособленіе проволокъ въ трубкѣ представлено на фиг. 52; она представляетъ двѣ формы этого приспособленія, немного отличныя другъ отъ друга; это отличіе состоитъ только въ томъ, что въ одной формѣ проволоки загнуты немного вверхъ внутри трубки, для облегченія чистки трубки.

Общее расположеніе всего аппарата представлено на фиг. 53; налѣво изображенъ электрическій аппаратъ, направо—согнутая трубка съ ея принадлежностями. Благодаря такъ называемому «индукціонному аппарату», помѣщенному въ электрической цѣпи, токъ проходитъ между проволоками трубки рядомъ искръ. Въ закрытое колѣно трубки, наполненное ртутью, мы вводимъ смѣсь

кислорода и водорода въ томъ отношенiи, въ какомъ она образуетъ воду. Эту смѣсь газовъ мы впускаемъ на столько, чтобъ она



Фиг. 53.

образовала въ трубкѣ столбъ, около 25—30 сантиметровъ длины. Эту смѣсь можно конечно приготовить, прибавляя два объема водорода къ одному объему кислорода; но ее гораздо легче получить, въ надлежащемъ отношенiи объемовъ, и въ совершенно чистомъ состоянiи, электролизомъ воды, который мы уже описали. Закрытое колѣно трубки, наполняемое газомъ, окружено стекляннымъ цилиндромъ, котораго нижнiй конецъ прикрѣпленъ къ трубкѣ помощью просверленной пробки, между тѣмъ какъ верхнiй конецъ его поднимается приблизительно на 5 сантиментровъ надъ закрытымъ концомъ трубки и также закрывается просверленною пробкой. Образуемое такимъ образомъ колѣнообразное пространство сообщается вверху, — посредствомъ согнутой стеклянной трубки, помѣщенной однимъ концомъ въ про-

сверленной пробкѣ верхняго конца цилиндра, — съ ретортой, содержащею жидкость, имѣющую значительно высшую точку кипѣнія, чѣмъ вода. Амилевый алкоголь, кипящій при 132° Ц., очень годенъ для этого опыта. При продолжительномъ кипѣніи паръ поднимается изъ реторты черезъ согнутую трубку въ кольцеобразное пространство, которое скоро принимаетъ равномѣрную температуру въ 132° Ц. Для избѣжанія улетучиванія въ воздухъ сильно пахучихъ паровъ амилеваго алкоголя, нижній конецъ стеклянпаго цилиндра сообщается съ сгустителемъ паровъ — съ стекляной трубкой, охлаждаемой постояннымъ токомъ воды. Подъ вліяніемъ тепла столбъ смѣси кислорода и водорода въ трубкѣ расширяется; высоту этого столба отмѣчаютъ какимъ нибудь удобнымъ образомъ, всего лучше надѣвая каучуковое кольцо на внѣшній стекляный цилиндръ. Конечно, прежде нужно привести ртуть въ одинаковый уровень въ обоихъ колѣнахъ трубки, прибавляя или убавляя надлежащее количество металла. Затѣмъ наливаютъ однако немного больше ртути въ открытое колѣно и закрываютъ его хорошо подходящею пробкой. Между пробкой и ртутью находится столбъ воздуха, около 8—10 сантиметровъ длины, который поддается давленію, подобно пружинѣ. Теперь зажигаютъ смѣсь газовъ, пропуская между полюсами электрическую искру. Газы соединяются съ взрывомъ, который впрочемъ значительно умѣряется дѣйствіемъ упомянутаго столба воздуха. При высокой температурѣ 132° Ц., образующаяся вода сохраняетъ свое газообразное состояніе. Удаляя теперь пробку изъ отверстія открытаго колѣна трубки и дозволяя ртути вытекать черезъ каучуковую трубку, пока она находится на одинаковомъ уровнѣ въ обоихъ колѣнахъ согнутой трубки, становится очевидно, что объемъ газа уменьшенъ послѣ опыта на одну треть первоначальнаго объема; остающіяся двѣ трети первоначальнаго объема газа представляютъ газообразную воду или сухой паръ, который сгущается въ жидкую воду при охлажденіи трубки.

Такимъ образомъ мы доказали опытомъ: во первыхъ, что кислородъ и водородъ, соединяясь въ воду, подвергаются сокращенію; во вторыхъ, что объемъ образующагося водянаго пара находится въ очень простомъ отношеніи къ объему его составныхъ

газовъ, — два объема водорода и одинъ объемъ кислорода сокращаются при своемъ соединенiи въ два объема водяного пара.

Методъ опредѣленiя отношенiя объемовъ, въ какомъ водородъ и азотъ соединяются для образованiя аммiака, менѣе простъ чѣмъ методы подобнаго изученiя хлористоводородной кислоты и воды.

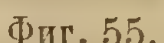
Для этой цѣли, какъ и прежде, употребляется хлоръ для извлеченiя водорода изъ аммiака и выдѣленiя азота; при этомъ мы имѣемъ средства для точнаго опредѣленiя объема азота, выдѣляющагося изъ извѣстнаго количества аммiака.

Употребляющiйся при этомъ аппаратъ состоитъ изъ стекляной трубки для хлора и стеклянаго шара для раствора аммiака. Изъ этого шара аммiакъ пропускается по каплямъ въ трубку со хлоромъ. Трубка имѣетъ около 1—1½ метра въ длину, закрыта у однаго конца, открыта у другаго, и раздѣлена плотно обхватывающими ее каучуковыми кольцами на три равныя части. Шаръ снабженъ отверстiемъ вверху и трубочкой, вытянутою въ узкое отверстiе, внизу. Эта трубочка снабжена краномъ и проходитъ чрезъ отверстiе пробки, помощью которой она можетъ быть плотно укрѣплена въ отверстiи трубки для хлора.

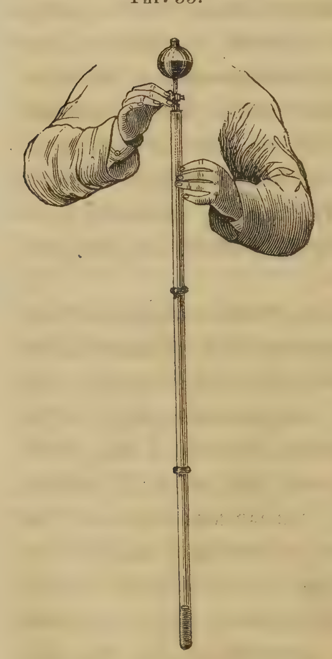
Фиг. 54.

Аппаратъ употребляется слѣдующимъ образомъ. Длинную трубку для хлора наполняютъ холодной водой, опрокидываютъ ее надъ пневматической ванной, также наполненной водой, такъ чтобы отверстiе ея находилось надъ поверхностью воды, и наполняютъ хлорнымъ газомъ обыкновеннымъ путемъ. Когда трубка уже наполнена газомъ, даютъ ей постоять еще около 15 минутъ надъ газоотводной трубкой аппарата, развивающаго хлоръ, для того чтобы ея внутренняя поверхность совершенно освободилась отъ воды, насыщенной хлоромъ, которая въ противномъ случаѣ оставалась бы на ней. Между тѣмъ наполняютъ шаръ крѣпкимъ растворомъ аммiака и открываютъ на мгновенiе кранъ его трубочки, для того чтобы и она наполнилась до самаго кончика этимъ растворомъ. Затѣмъ закрываютъ верхнее отверстiе шара. Теперь можно соединить шаръ съ трубкой, содержащею хлоръ. Чтобы произвести это соединенiе, не впуская при этомъ воздуха въ трубку съ хлоромъ, требуется немного осторожности и ловкости.

Шаръ долженъ быть погруженъ въ пневматическую ванну, съ своею трубочкой вверхъ, въ этомъ положеніи онъ долженъ быть помѣщенъ подъ отверстіемъ трубки съ хлоромъ и укрѣпленъ въ этомъ отверстіи помощью просверленной пробки. При этомъ необходимо обратить особенное вниманіе, чтобы не ввести немного воды изъ пневматической ванны въ трубку съ хлоромъ. По окончаніи этой манипуляціи вынимаютъ трубку съ прикрѣпленнымъ къ ней шаромъ изъ пневматической ванны, и ставятъ ее въ вертикальномъ положеніи, съ шаромъ вверхъ. Изъ шара впускаютъ теперь въ трубку каплю амміака, для чего открываютъ на мгновеніе кранъ (фиг. 55). Входъ этой капли въ атмосферу хлора сопровождается легкимъ, желтовато-зеленымъ пламенемъ у вытянутаго конца трубочки шара. Затѣмъ впускаютъ по каплямъ, въ промежуткахъ нѣсколькихъ секундъ, растворъ амміака въ трубку съ хлоромъ, — каждая капля амміака, въ моментъ своего прикосновенія съ хлоромъ, превращается въ хлористоводородную кислоту и азотъ. Это превращеніе сопровождается явленіемъ свѣта и образованіемъ густыхъ, бѣлыхъ паровъ. Впусканіе амміака продолжаютъ, пока весь хлоръ трубки не превращенъ въ хлористоводородную кислоту насчетъ водорода амміака. Чтобы быть увѣреннымъ въ этомъ, впускаютъ избытокъ раствора амміака, для чего совершенно достаточенъ столбъ его въ 3 — 4 сантиметра. Образовавшаяся хлористоводородная кислота соединяется съ избыткомъ амміака, образуя сложное тѣло, о которомъ мы будемъ говорить подробнѣе послѣ, а теперь замѣтимъ только, что оно появляется въ видѣ бѣлаго налета, покрывающаго внутреннюю поверхность трубки. Но этотъ налетъ растворимъ, поэтому его легко смыть, покачивая



Фиг. 55.



немного жидкость въ трубкѣ, которая теперь содержитъ весь выдѣлившійся азотъ, кромѣ небольшаго количества его растворен-наго въ ней. Это необходимое количество поглощеннаго азота легко вытѣснить изъ жидкости нагрѣваніемъ.

Теперь мы увѣрены во первыхъ, что весь хлоръ, содержав-шійся въ трубкѣ, превратился въ хлористоводородную кислоту на счетъ введеннаго амміака, во вторыхъ, что въ трубкѣ заключается весь выдѣленный азотъ.

Намъ остается удалить избытокъ амміака, котораго пары смѣ-шиваются съ азотомъ, содержащимся въ трубкѣ. Для этой цѣли впускаютъ въ трубку, помощью шара, употребленнаго прежде для впусканія амміака, немного разбавленной сѣрной кислоты, которая образуетъ съ амміакомъ соединеніе, растворенное въ водѣ и не дающее паровъ.

Фиг. 56.



Азотъ, освобожденный такимъ образомъ отъ примѣси посторон-нихъ газовъ, долженъ быть те-перь приведенъ къ средней тем-пературѣ и давленію, для того чтобы можно было измѣрить его объемъ.

Охлажденіе трубки, послѣ на-грѣванія, для вытѣсненія изъ жид-кости поглощеннаго азота, произ-водятъ погруженіемъ ея въ холод-ную воду. Для уравновѣшенія дав-ленія внутри и внѣ трубки употреб-ляется согнутая сифонная трубка (фиг. 56). Одинъ конецъ этой труб-ки сообщается со внутренностью нашей длинной трубки, между тѣмъ какъ другой конецъ ея погруженъ въ воду, подверженную атмосфер-ному давленію. Что атмосферное давленіе на воду больше давленія газа внутри трубки, это сей-часъ видно, потому, что вода

*

переходитъ изъ стакана въ длинную трубку. По мѣрѣ увеличенія столба воды въ длинной трубкѣ, прежде расширенный азотъ сжимается и мало по малу достигаетъ своего нормальнаго объема. Онъ достигаетъ этого объема, когда переходъ воды изъ стакана въ трубку прекращается, когда, значитъ, давленіе внутри и внѣ трубки одинаково. Достигнувъ такимъ образомъ средней температуры и давленія, мы имѣемъ теперь всѣ необходимыя условія для точнаго измѣренія объема азота; мы находимъ, что онъ занимаетъ ровно одну часть изъ отмѣченныхъ на трубкѣ въ началѣ опыта трехъ частей.

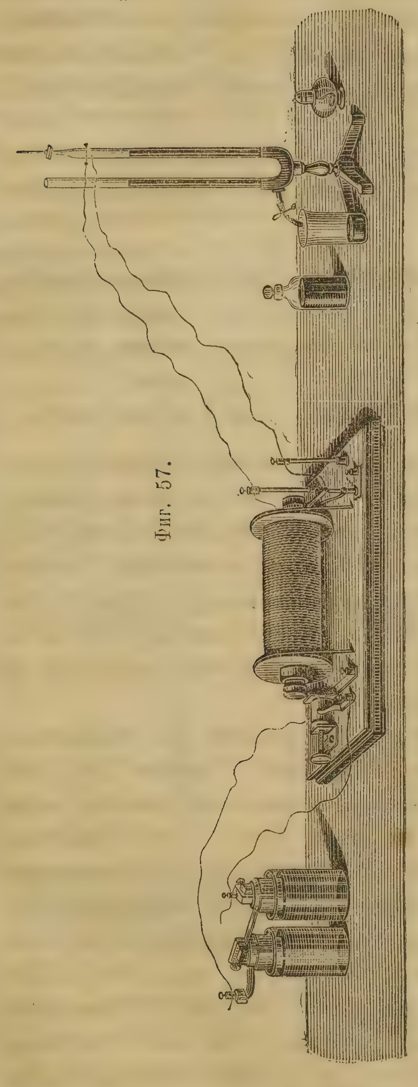
Соображая теперь, что въ началѣ опыта всѣ три части трубки наполнены были хлоромъ и что мы насытили этотъ хлоръ водородомъ амміака, вспоминая далѣе, что водородъ соединяется съ хлоромъ въ одинаковыхъ объемахъ,—очевидно, что одинъ объемъ азота, находящійся теперь въ трубкѣ, происходитъ отъ разложенія извѣстнаго количества амміака, содержавшаго на этотъ одинъ объемъ азота — три объема водорода.

Такимъ образомъ этотъ опытъ ясно доказываетъ, что амміакъ образуется соединеніемъ трехъ объемовъ водорода съ однимъ объемомъ азота.

Намъ нужно теперь опредѣлить происходитъ ли при этомъ соединеніи водорода съ азотомъ сжатіе первоначальнаго объема газовъ, а если оно происходитъ, то какъ оно велико? Для этого намъ достаточенъ одинъ очень простой опытъ. Мы не можемъ пользоваться въ настоящемъ случаѣ методомъ, употребленнымъ для подобнаго опредѣленія относительно хлористоводородной кислоты и воды; мы не можемъ смѣшать водородъ и азотъ въ отношеніи объемовъ, необходимомъ для образованія амміака, затѣмъ заставить ихъ соединиться и измѣрить объемъ продукта. Прямой синтезъ амміака до сихъ поръ не удался, такъ что мы тутъ должны опять прибѣгнуть къ анализу. Мы должны разложить данный объемъ амміака на его составныя части и сравнить объемъ, занимаемый амміакомъ, съ объемомъ его составныхъ частей. Это намъ очень легко сдѣлать, пользуясь способностью амміака разлагаться на элементы, при довольно умѣренной теплотѣ.

Для этой цѣли мы воспользуемся уже часто употребленною нами трубкой, согнутой въ формѣ буквы *U*, для помѣщенія га-

зообразнаго амміака, и электрической искрой, какъ источникомъ теплоты (фиг. 57).


Фиг. 57.

Приблизительно одну треть закрытаго колѣна трубки наполняютъ сухимъ амміакомъ, надъ ртутью, и точно измѣряютъ высоту столба газа, конечно, предварительно приведши въ одинаковый уровень ртуть въ обоихъ колѣнахъ. Затѣмъ пропускаютъ электрическія искры чрезъ платиновыя проволоки трубки, причемъ объемъ газа немедленно начинаетъ увеличиваться. Увеличеніе объема газа продолжается 5—10 минутъ, смотря по количеству употребляемаго для опыта амміака; когда оно прекращается, приводятъ опять въ однаковый уровень ртуть въ обоихъ колѣнахъ трубки, такъ какъ онъ долженъ былъ измѣниться, вслѣдствіе расширенія газа, послѣ чего замѣчаютъ, что газъ занимаетъ объемъ, ровно вдвое больше первоначальнаго. Если выпустить изъ трубки немного газа, помощью крана, которымъ снабженъ для этой цѣли верхній конецъ трубки, то находятъ, что газъ, отличавшійся прежде такимъ ѣдкимъ запахомъ, потерялъ теперь этотъ запахъ; присутствіе въ немъ водорода узнается при приближеніи горящей свѣчи.

Этотъ опытъ показываетъ, что водородъ и азотъ, соединяясь

въ амміакъ, занимаютъ лишь половину того пространства, которое они занимаютъ въ свободномъ состояніи, — другими словами, что 4 объема смѣси газообразныхъ составныхъ частей амміака, которая состоитъ, какъ мы уже видѣли, изъ 3 объемовъ водорода и 1 объема азота, сжимаются при своемъ соединеніи въ 2 объема амміака.

Результатъ нашихъ опытовъ надъ составомъ хлористоводородной кислоты, воды и амміака можетъ быть выраженъ вкратцѣ слѣдующимъ образомъ:

1 объемъ водорода	+ 1 объемъ хлора	=	2 объема хлористоводор. кислоты.
2 объема »	+ 1 объемъ кислорода	=	2 объема водяного пара.
3 объема »	+ 1 объемъ азота	=	2 объема амміака.

Такимъ образомъ очевидно, что хлористоводородная кислота, вода и амміакъ отличаются другъ отъ друга не только отношеніями объемовъ своихъ элементарныхъ составныхъ частей, но и отношеніями объемовъ, занимаемыхъ этими элементами и послѣ ихъ соединенія. Эти отношенія возрастаютъ отъ 1 или $^1/_1$, въ хлористоводородной кислотѣ, до $^2/_3$, въ водяномъ парѣ, и до $^1/_2$, въ амміакѣ. Сжатіе очевидно тутъ увеличивается соразмѣрно съ сложностью химическаго соединенія.

Не смотря на эти замѣчательныя различія въ химическомъ строеніи хлористоводородной кислоты, воды и амміака, эти тѣла указываютъ намъ уже на нѣкоторые важные общіе законы, заслуживающіе нашего особеннаго вниманія. Между болѣе поразительными изъ этихъ законовъ мы теперь упомянемъ: 1) постоянство отношеній, въ которыхъ элементы соединяются въ каждомъ изъ этихъ тѣлъ и 2) совершенное измѣненіе характера и свойствъ элементовъ при ихъ соединеніи въ сложныя тѣла. Водородъ и хлоръ, водородъ и кислородъ, водородъ и азотъ могутъ быть смѣшиваемы въ какихъ угодно отношеніяхъ, — въ этихъ смѣсяхъ не теряются свойства каждаго изъ нихъ; между тѣмъ въ соединеніяхъ водорода съ хлоромъ, водорода съ кислородомъ, водорода съ азотомъ, въ хлористоводородной кислотѣ, водѣ и амміакѣ, элементы соединены лишь въ опредѣленныхъ отношеніяхъ

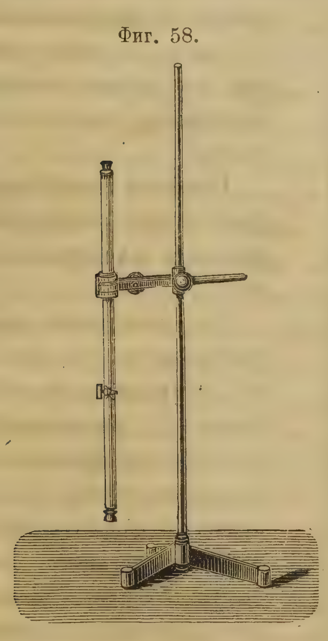
и подвергаются лишь опредѣленнымъ измѣненіямъ свойствъ, которыя мы уже разсмотрѣли.

Постоянство состава и характера химическихъ соединеній представляетъ азконъ, безъ исключенія.

Неизмѣнность отношеній, въ которыхъ элементы соединяются для образованія сложныхъ тѣлъ, можно сдѣлать очевиднымъ при образованіи хлористоводородной кислоты и воды.

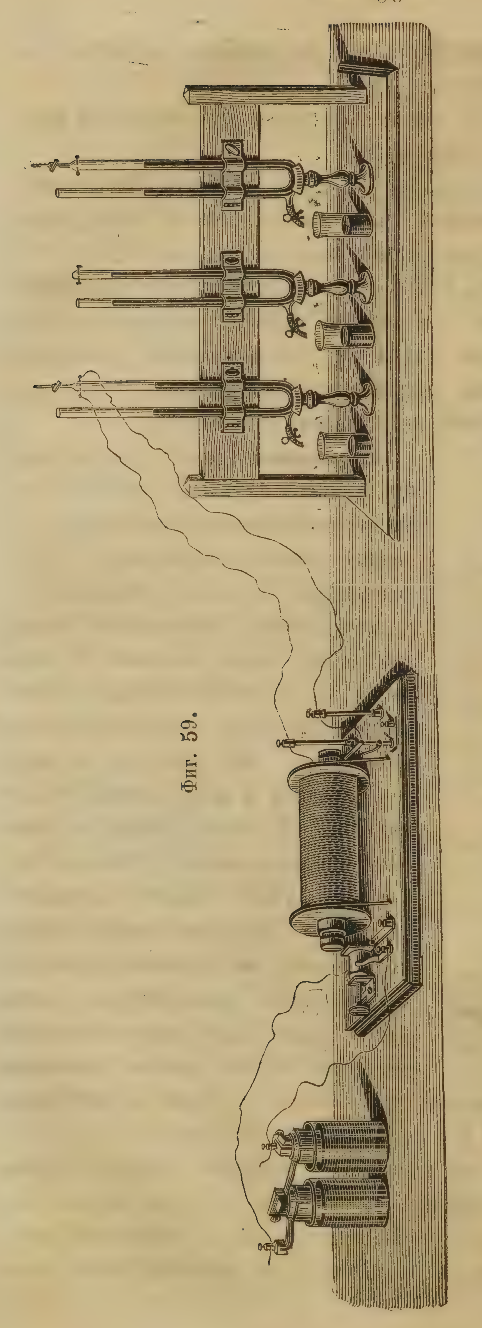
Чтобы показать этотъ фактъ относительно хлористоводородной кислоты, мы употребимъ стеклянную трубку, раздѣленную стеклянымъ краномъ на два отдѣленія, не одинаковой величины, которой открытые концы закрываются стекляными затычками (фиг 58). Съ этой трубкой мы сдѣлаемъ два опыта.

Фиг. 58.



Въ первомъ опытѣ мы наполняемъ меньшее отдѣленіе трубки по своей ёмкости равное приблизительно половинѣ большаго отдѣленія—сухимъ водородомъ, а большее отдѣленіе — сухимъ хлоромъ. Открываемъ кранъ, приводимъ такимъ образомъ въ сообщеніе оба отдѣленія трубки, затѣмъ подвергаемъ газы дѣйствію разсѣяннаго свѣта. Оба газа мало по малу смѣшиваются и скоро начинаютъ соединяться. Подвергая трубку на короткое время прямому дѣйствію солнечныхъ лучей, реакція совершается вполнѣ. Открывая теперь трубку подъ водой, она поднимается въ ней и наполняетъ пространство, ровно вдвое больше пространства меньшаго отдѣленія трубки, которое наполнено было водородомъ. Оставшійся газъ — хлоръ, котораго объемъ скоро уменьшается, благодаря его растворимости въ водѣ.

Во второмъ опытѣ мы наполняемъ меньшее отдѣленіе трубки хлоромъ, а большее отдѣленіе—водородомъ, и даемъ газамъ дѣйствовать другъ на друга — соединиться подъ вліяніемъ свѣта, какъ въ первомъ опытѣ. Объемъ воды, поднимающійся въ этомъ



Фиг. 59.

случаѣ въ трубку, равенъ объему воды, поднявшемуся въ трубку въ первомъ опытѣ,—но въ этомъ случаѣ оставшійся газъ—водородъ.

Въ этихъ двухъ, отчасти противуположныхъ опытахъ водородъ и хлоръ, хотя смѣшанные въ различныхъ отношеніяхъ, все таки соединяются въ постоянныхъ объемахъ, — избытокъ того или другаго газа не принимаетъ участія въ реакціи.

Подобныя явленія мы увидимъ при соединеніи кислорода и водорода въ воду.

Для этого опыта мы употребляемъ три трубки, согнутыя въ формѣ буквы *U*, снабженныя платиновыми проволоками, для пропусканія электрической искры, и каучуковыми трубками, для выпусканія ртути; наполняемъ эти трубки ртутью и укрѣпляемъ ихъ въ удобной стойкѣ (фиг. 59). Электрическимъ разложеніемъ воды въ описанномъ уже аппаратѣ (ср. стр. 21) мы получаемъ

смѣсь кислорода и водорода, въ томъ отношенiи въ какомъ они образуютъ воду. Въ каждую изъ трехъ трубокъ впускаютъ столбъ этой смѣси газовъ, въ 8 — 9 сантиметровъ высоты. Уравнивая обыкновеннымъ образомъ высоту ртути въ обоихъ колѣнахъ каждой трубки, отмѣчаютъ въ нихъ высоты столбовъ газовъ каучуковыми кольцами. Кромѣ того въ одну изъ трубокъ впускаемъ избытокъ кислорода, въ другую — избытокъ водорода. Объемы этихъ избытковъ газовъ также отмѣчаютъ каучуковыми кольцами.

Изъ трехъ трубокъ одна, — въ нашемъ опытѣ средняя, — содержитъ теперь смѣсь кислорода и водорода, въ томъ отношенiи, въ какомъ оба газа получаются при электролизѣ воды; другая содержитъ ту же смѣсь газовъ съ избыткомъ кислорода; третья — ту же смѣсь газовъ съ избыткомъ водорода. Черезъ газы каждой трубки пропускаютъ теперь электрическую искру, вслѣдствiе чего въ каждой трубкѣ образуется вода. Въ средней трубкѣ исчезаетъ при этомъ всякiй слѣдъ газа, — ртуть наполняетъ ее до верхняго конца; во второй и третьей трубкахъ остаются извѣстные объемы газа, которые, по надлежащемъ уравненiи высотъ ртути въ обоихъ колѣнахъ трубокъ, оказываются равными объемамъ впущенныхъ въ эти трубки избытковъ газа — кислорода и водорода. Въ этихъ газахъ, выпущенныхъ изъ трубокъ сверху, черезъ приспособленые для этого краны, мы узнаемъ въ одномъ случаѣ кислородъ, въ другомъ случаѣ водородъ.

Такимъ образомъ во всѣхъ трехъ опытахъ кислородъ и водородъ соединились лишь въ томъ отношенiи, въ какомъ они сперва выдѣлены были электролизомъ изъ воды. Избытокъ кислорода или водорода, впущенный въ трубку, не принялъ участiя въ образованiи воды.

Существенныя измѣненiя въ свойствахъ элементовъ при ихъ соединенiи въ сложныя тѣла намъ уже достаточно извѣстны изъ сдѣланныхъ до сихъ поръ опытовъ.

Едва ли можно привести болѣе поучительный примѣръ этихъ измѣненiй, какъ соединенiе смѣси хлора и водорода въ хлористоводородную кислоту. Въ смѣси хлора и водорода, получаемой электролизомъ хлористоводородной кислоты, легко узнать свойства каждаго отдѣльнаго газа. Эта смѣсь сохраняетъ основное свойство водорода — загораемость; она также сохраняетъ желтовато-зеленый

цвѣтъ хлора, его запахъ и бѣлильное свойство. Дѣйствуя на смѣсь водой, она поглощаетъ ея растворимую часть, при чемъ цвѣтъ, запахъ и бѣлильная способность смѣси становятся все слабѣе и слабѣе, пока наконецъ остается одинъ водородъ, безъ цвѣта, вкуса и запаха. Но если превратить какимъ нибудь изъ извѣстныхъ намъ уже способовъ такую смѣсь въ хлористое соединеніе, тогда вмѣсто желтовато-зеленаго, бѣлящаго краски и удушливаго хлора, мало растворимаго въ водѣ, вмѣсто загораемаго водорода, безъ вкуса и запаха, — мы получаемъ безцвѣтный газъ, безъ всякихъ слѣдовъ бѣлильной способности, жадно поглощаемый водою, съ ѣдкимъ запахомъ и вкусомъ, совершенно неспособный къ горѣнію.

Точно также самое бѣглое сравненіе свойствъ кислорода и водорода со свойствами жидкой воды, которую они производятъ при своемъ соединеніи, показываетъ самыя поразительныя различія; но даже въ газообразной водѣ (сухомъ парѣ) фундаментальное свойство водорода — загораемость — и кислорода — поддержаніе горѣнія другихъ тѣлъ — совершенно исчезаютъ.

Не менѣе поразительно измѣненіе свойствъ водорода и азота, когда они соединены въ амміакѣ. Два элементарные газа, безъ запаха, нерастворимые въ водѣ, безъ дѣйствія на растительныя краски, превращаются при своемъ химическомъ соединеніи въ сложный газъ, съ чрезвычайно острымъ запахомъ, способный возстановить первоначальный синій цвѣтъ окрашеннаго въ красный цвѣтъ дѣйствіемъ кислотъ лакмуса и такъ сильно и быстро поглощаемый водой, что вода поднимается въ цилиндръ, наполненный амміакомъ, какъ въ пустое пространство.

Эти замѣчанія достаточно указываютъ на различіе между механическою смѣсью и химическимъ соединеніемъ. Въ механическихъ смѣсяхъ элементы могутъ быть смѣшиваемы въ какомъ угодно отношеніи, — въ химическихъ соединеніяхъ они соединяются въ опредѣленныхъ, неизмѣнныхъ отношеніяхъ, по объему и вѣсу. Механическая смѣсь представляетъ среднія свойства ея составныхъ частей, — въ химическомъ соединеніи свойства составныхъ частей исчезаютъ, ихъ индивидуальность теряется въ образованіи новаго тѣла, съ новыми свойствами.

Познаніе этихъ рѣзкихъ отличій между механическими смѣ-

сями и химическими соединеніями естественно ведетъ насъ къ опредѣленію условій, при которыхъ первыя превращаются въ послѣднія. Въ этомъ случаѣ образованіе хлористоводородной кислоты и воды представляетъ намъ удобные примѣры.

Если тщательно защищать отъ дѣйствія свѣта механическую смѣсь водорода и хлора, какая получается электролизомъ хлористоводородной кислоты, то она можетъ оставаться неопредѣленно долгое время, не перетерпѣвая никакихъ измѣненій. Подъ вліяніемъ обыкновеннаго, разсѣяннаго дневнаго свѣта превращеніе этой смѣси къ химическое соединеніе совершается, какъ мы уже видѣли, въ продолженіе нѣскольких часовъ. Прямой солнечный свѣтъ или извѣстные роды искусственнаго свѣта значительной силы мгновенно производятъ, какъ мы уже видѣли, соединеніе водорода съ хлоромъ. Это соединеніе сопровождается сильнымъ взрывомъ, отъ котораго сосудъ, содержавшій смѣсь, часто разбивается въ дребезги. Это соединеніе можетъ быть произведено и прикосновеніемъ съ горящимъ тѣломъ или пропусканіемъ электрической искры, — въ томъ и другомъ случаѣ оно сопровождается сильнымъ взрывомъ.

Не такъ легко производить превращеніе механической смѣси кислорода и водорода въ химическое соединеніе — воду. Новѣйшіе опыты, повидимому показываютъ, что кислородъ и водородъ могутъ также соединиться подъ вліяніемъ солнечнаго свѣта, — но вліяніе это должно быть очень продолжительно. Впрочемъ при приближеніи горящаго тѣла или пропусканіи электрической искры смѣсь мгновенно производитъ взрывъ и въ то же время соединяется въ воду.

Отсюда слѣдуетъ, что механическія смѣси часто переходятъ въ химическія соединенія подъ вліяніемъ свѣта, а еще болѣе часто подъ вліяніемъ теплоты. Къ сожалѣнію, это положеніе, выведенное изъ изученія хлористоводородной кислоты и воды, не можетъ быть распространено на амміакъ, такъ какъ до сихъ поръ мы еще не имѣемъ способа прямаго превращенія смѣси водорода и азота въ химическое соединеніе. Но это исключеніе дѣлаетъ еще болѣе необходимымъ упомянуть уже здѣсь, что условія, опредѣляющія образованіе хлористоводородной кислоты и воды изъ

смѣсей ихъ элементовъ, достаточны для полученія подобныхъ результовъ въ множествѣ случаевъ.

Теплота особенно отличается какъ наиболѣе общій двигатель химическихъ превращеній.

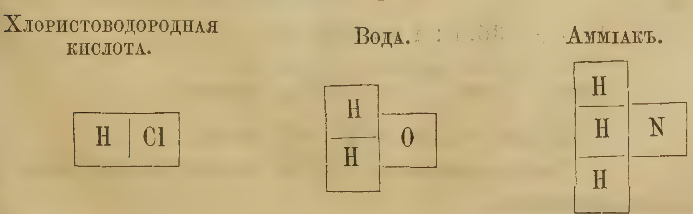
Послѣ, когда мы займемся спеціальнымъ изученіемъ химическихъ элементовъ, мы часто будемъ имѣть случай разсматривать подробнѣе эти условія химическихъ измѣненій. Мы тогда будемъ имѣть случаи заняться подробнѣе и нѣкоторыми интересными явленіями химической дѣятельности, такъ напр. замѣчательнымъ образованіемъ свѣта и теплоты, которымъ, какъ мы уже видѣли, сопровождались реакціи въ нѣкоторыхъ изъ сдѣланныхъ нами опытовъ.

IV.

Химическіе знаки, — ихъ значеніе. — Графическіе знаки, — соединеніе ихъ въ уравненія, — выводимыя изъ нихъ формулы. — Обзоръ указаній, представляемымъ химическими формулами. — Хлористоводородная кислота, вода и амміакъ, какъ типы химическихъ соединеній. — Бромистоводородная и іодистоводородная кислоты, — выводъ ихъ изъ типа хлористоводородной кислоты. — Анализъ по вѣсу и объемный вѣсъ этихъ соединеній. — Объемные вѣса брома и іода въ состояніи паровъ. — Сѣрнистый и селенистый водородъ, — выводъ ихъ изъ типа воды. — Анализъ по вѣсу и объемный вѣсъ этихъ соединеній. — Объемный вѣсъ паровъ сѣры и селени.

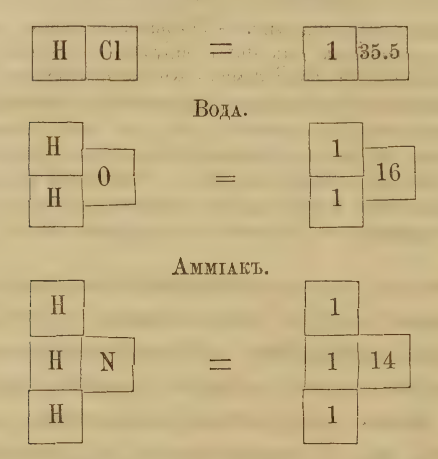
Выведенные изъ опытовъ основные факты относительно состава хлористоводородной кислоты, воды и амміака могутъ быть ясно и кратко выражены нѣсколькими, счастливо придуманными знаками, которые оказались такими могучими орудіями химическихъ изслѣдованій и такимъ драгоцѣннымъ дополненіемъ химической номенклатуры, что они по справедливости заслуживаютъ преимущество передъ всѣми предметами, возбуждающими наше вниманіе уже въ настоящій періодъ нашихъ занятій.

Если представить одинаковые объемы водорода, хлора, кислорода и азота — конечно, при одинаковой температурѣ и давленіи — одинаковыми квадратами, въ которыхъ вписаны начальныя буквы названій этихъ элементовъ, — H для водорода (Hydrogenium), Cl для хлора, O для кислорода (Oxygenium) и N для азота (Nitrogenium), — тогда составъ, по объему, хлористоводородной кислоты, воды и амміака можно выразить:



Вписывая въ квадраты объемные вѣса элементовъ, вмѣсто начальныхъ буквъ ихъ названій, мы получаемъ новые знаки; если помѣстить ихъ рядомъ съ прежними знаками, то получаемъ слѣдующія поучительныя равенства, представляющія съ одной стороны объемы, съ другой стороны — вѣса элементовъ, которыми они входятъ въ соединеніе:


Хлористоводородная кислота.



Складывая вмѣстѣ вѣсъ каждой фигуры:

$$1 + 35.5 = 36.5$$
$$1 + 1 + 16 = 18$$
$$1 + 1 + 1 + 14 = 17$$

мы узнаемъ составъ по вѣсу 36,5 частей хлористоводородной кислоты, 18 частей воды и 17 частей амміака. Отсюда очень легко вывести процентный составъ этихъ тѣлъ помощью простыхъ пропорцій. Такъ, процентный составъ хлористоводородной кислоты выводится:

$$36.5 : 1 = 100 : x,$$

откуда $x = \frac{100}{36.5} = 2.74\%$ водорода,

а $100 - 2.74 = 97.26\%$ хлора,

что составляетъ 100.00 частей по вѣсу хлористоводородной кислоты.

Процентный составъ воды выводится:

$$18 : 2 = 100 : y,$$

$$\text{откуда } y = \frac{200}{18} = 11.11\% \text{ водорода,}$$

$$\text{а } 100 - 11.11 = \underline{88.89\%} \text{ кислорода,}$$

что составляетъ 100.00 частей по вѣсу воды.

Наконецъ, процентный составъ амміака:

$$17 : 3 = 100 : z,$$

$$\text{откуда } z = \frac{300}{17} = 17.64\% \text{ водорода,}$$

$$\text{а } 100 - 17.64 = \underline{82.36\%} \text{ азота,}$$

что составляетъ 100.00 частей по вѣсу амміака

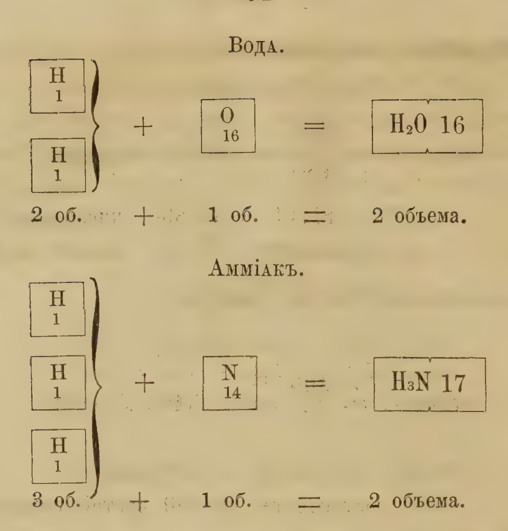
Соединяя въ нашемъ воображеніи объемные вѣса элементовъ съ начальными буквами ихъ названій, три простыя фигуры въ началѣ этой лекціи представляютъ для насъ пока всѣ наши свѣдѣнія о представляемыхъ ими тѣлахъ.

Теперь мы должны сдѣлать шагъ впередъ, чтобы получить такое же ясное и краткое обозначеніе знаками объемныхъ или удѣльныхъ вѣсовъ, занимающихъ насъ пока трехъ сложныхъ тѣлъ, принимая за единицу сравненія вѣсъ 1 объема водорода.

Для этого мы должны вспомнить опыты, помощью которыхъ мы нашли во 1), что водородъ и хлоръ соединяются въ хлористоводородную кислоту безъ сжатія, во 2), что при соединеніи водорода и кислорода объемъ образующагося водянаго пара составляетъ лишь ²/₃ первоначальнаго объема смѣси газовъ, и въ 3), что образованіе амміака сопровождается сжатіемъ его составныхъ частей на ¹/₂ ихъ первоначальнаго объема. Эти факты можно выразить слѣдующими знаками:

Хлористоводородная кислота.

H 1	+	Cl 35.5	=	HCl 36.5
1 об.	+	1 об.	=	2 объема.



Эти равенства съ перваго взгляда показываютъ фактъ, который мы уже доказали опытами, именно, что весьма различные вѣса этихъ сложныхъ тѣлъ представляютъ, при одинаковыхъ условіяхъ температуры и давленія, совершенно одинаковые объемы; эти объемы въ каждомъ изъ занимающихъ насъ случаевъ ровно вдвое больше одного объема водорода. Поэтому, принимая за единицу сравненія объемный вѣсъ водорода:

двойной объемный вѣсъ хлористоводороднаго газа = 36.5
» » » газообразной воды . . = 18
» » » амміака . . . . . . = 17

Очевидно, что намъ стоитъ только раздѣлить на два эти двойные объемные вѣса хлористоводородной кислоты, воды и амміака, чтобы получить ихъ настоящіе объемные или удѣльные вѣса, принимая за единицу объемный или удѣльный вѣсъ водорода. Такимъ образомъ:

$\frac{36.5}{2} = 18.25$ представл. объем. или удѣл. вѣсъ хлористовод. кисл.

$\frac{18}{2} = 9$ » » » » водянаго пара.

$\frac{17}{2} = 8.5$ » » » » амміака.

Утвердивъ себѣ разъ навсегда въ памяти эти отношенія объема, вѣса и сжатія, помощью употребленныхъ нами квадратовъ, мы можемъ составить это графическое обозначеніе и выразить всѣ наши познанія, пріобрѣтенныя опытомъ, о хлористоводородной кислотѣ, водѣ и амміакѣ слѣдующими краткими формулами:

$$HCl = 2 \text{ объема.}$$

$$\left.\begin{matrix}H\\H\end{matrix}\right\} O \text{ или } H_2O = 2 \text{ объема.}$$

$$\left.\begin{matrix}H\\H\\H\end{matrix}\right\} N \text{ или } H_3N = 2 \text{ объема.}$$

Важность этихъ краткихъ формулъ всего лучше видна изъ краткаго перечня свѣдѣній, которыя онѣ сообщаютъ намъ съ перваго взгляда. Онѣ показываютъ намъ:

1. Количества и названія элементовъ, входящихъ въ составъ хлористоводородной кислоты, воды и амміака.

2. Отношенія, въ которыхъ элементы соединены въ этихъ тѣлахъ, по объему.

3. Отношенія, въ которыхъ элементы соединены въ этихъ тѣлахъ, по вѣсу.

4. Отношенія объемовъ этихъ тѣлъ къ объемамъ ихъ составныхъ частей до соединенія.

6. Объемные или удѣльные вѣса этихъ тѣлъ, въ состояніи газа или пара, принимая объемный вѣсъ водорода за единицу.

Отношенія объема и вѣса, выражаемыя формулами хлористоводородной кислоты, воды и амміака:

$$HCl, \quad H_2O, \quad H_3N,$$

интересны не только сами по себѣ,—они пріобрѣтаютъ еще большее значеніе, когда мы узнаемъ, что тѣла представляютъ типы или образцы столькихъ же группъ сложныхъ тѣлъ, изъ которыхъ каждая, такъ сказать, вылита по той же формѣ и представляетъ тотъ же характеръ строенія, какъ ея видовой прототипъ. Мы должны теперь разсмотрѣть немного эти аналогическія тѣла.

При изученіи прототиповъ мы всегда приводили экспериментальныя

доказательства каждаго положенія. Такія же доказательства существуютъ и относительно строенія аналогическихъ тѣлъ, которыя мы теперь должны обозрѣть. Но мы слишкомъ обременили бы себя и насъ повело бы слишкомъ далеко отъ нашей непосредственной цѣли, если бы мы захотѣли, уже теперь, въ настоящій періодъ нашихъ занятій, подтверждать опытами каждый фактъ, который мы будемъ приводить для подтвержденія или расширенія нашихъ данныхъ. При пріобрѣтеніи научныхъ познаній многое всегда должно быть принимаемо по достаточному свидѣтельству другихъ, — поэтому, подобно другимъ естествоиспытателямъ, мы должны будемъ опираться въ подтвержденіи многихъ фактовъ на признанные источники науки, предоставляя себѣ впослѣдствіи экспериментальное доказательство нѣкоторыхъ результатовъ, пока принятыхъ на вѣру.

Между элементарными тѣлами, которыя мы потомъ должны будемъ изучать, мы находимъ два, бромъ и іодъ, тѣсно связанныя по своимъ химическимъ свойствамъ съ хлоромъ. Подобно хлору, напр., эти два тѣла, соединяясь съ водородомъ, образуютъ газообразныя сложныя тѣла, называемыя бромистоводородною и іодистоводородною кислотами, изъ которыхъ каждая поразительно сходна съ хлористоводородною кислотою и очевидно построена по ея типу.

Далѣе мы находимъ два элемента, сѣру и селенъ, представляющіе много сходства съ кислородомъ, образующіе напр. съ водородомъ газообразныя сложныя тѣла, называемыя сѣрнистымъ и селенистымъ водородомъ, которыя, хотя отличаются по многимъ своимъ ствойствамъ отъ соединенія кислорода съ водородомъ, тѣмъ не менѣе химически однообразны съ водой, какъ безспорно построенныя по этому же типу.

Такъ элементы фосфоръ и мышьякъ представляютъ сходство съ азотомъ, по своимъ соединеніямъ съ водородомъ, представляющимъ газообразныя сложныя тѣла, называемыя фосфористымъ и мышьяковистымъ водородомъ. На первый взглядъ эти соединенія водорода представляютъ лишь мало сходства съ амміакомъ, но болѣе глубокое изученіе открываетъ въ нихъ такое сходное строеніе съ нимъ, что невозможно не признать, въ фосфористомъ и мышьяковистомъ водородѣ амміака.

Постараемся прослѣдить шагъ за шагомъ тѣ основанія, по которымъ химики признаютъ эти типическія отношенія.

Если воззрѣніе о сходствѣ строенія хлористоводородной, бромистоводородной и іодистоводородной кислотъ вѣрно, тогда каждые 2 объема бромистоводороднаго и іодистоводороднаго газа должны содержать по 1 объему водорода въ соединеніи съ 1 объемомъ газообразнаго брома или іода. Дѣйствительно, опытъ даетъ намъ этотъ результатъ,—хотя теперь употребляемый методъ для опредѣленія состава бромистоводородной и іодистоводородной кислотъ, отличается отъ метода, который мы нашли удобнымъ для опредѣленія состава хлористоводородной кислоты.

Легко разъяснить себѣ обстоятельства, ведущія къ этому измѣненію метода. При обыкновенной температурѣ атмосферы хлоръ—газъ, поэтому очень легко измѣрять объемъ этого тѣла, какъ мы и сдѣлали. Далеко другое дѣло съ бромомъ и іодомъ. При обыкновенной температурѣ бромъ—жидкое, а іодъ—твердое тѣло. Отсюда слѣдуетъ, что опредѣленіе объема газообразнаго брома и іода, заключающагося въ бромистоводородной и іодоистоводородной кислотахъ, должно быть сопряжено съ значительными затрудненіями. Поэтому, при изученіи состава этихъ сложныхъ тѣлъ, нашли удобнѣе замѣнить опредѣленіе объема опредѣленіемъ вѣса, иначе говоря, замѣнить волюметрическій методъ—методомъ взвѣшиванья. Дѣйствительно, аналогія между бромистоводородною, іодистоводородною и хлористоводородною кислотами можетъ быть такъ же хорошо найдена помощью вѣсовъ, какъ помощью непосредственнаго волюметрическаго анализа.

Мы тутъ въ первый разъ пользуемся этимъ косвеннымъ методомъ опредѣленія отношеній объемовъ. Впослѣдствіи мы увидимъ, что въ большей части случаевъ вѣсъ — самый вѣрный и строгій путеводитель къ точнымъ опредѣленіямъ объемовъ, а въ нѣкоторыхъ случаяхъ — даже единственное средство для подобныхъ изслѣдованій. Поэтому методъ опредѣленія отношеній объемовъ помощью вѣсовъ заслуживаетъ уже теперь нашего внимательнаго разсмотрѣнія. Но насъ повело бы слишкомъ далеко отъ нашего главнаго предмета, еслибы мы захотѣли войти здѣсь въ подробное разсмотрѣніе анализа помощью вѣсовъ и средствъ,—иногда простыхъ, часто весьма сложныхъ и тонкихъ,—

помощью которыхъ химикъ выдѣляетъ и взвѣшиваетъ другъ за другомъ различныя составныя части сложнаго тѣла. Мы не можемъ также сдѣлать этотъ методъ изслѣдованія предметомъ скорыхъ демонстративныхъ опытовъ, какіе только и годятся для нашей цѣли во время краткихъ періодовъ нашихъ лекцій. Анализъ помощью вѣсовъ требуетъ большею частію слишкомъ много численныхъ, слишкомъ продолжительныхъ и слишкомъ тонкихъ операцій, которыя нельзя производить въ краткое время нашихъ лекцій. Мы должны поэтому пока оставить на другое время экспериментальное изученіе методовъ, употребляемыхъ въ анализѣ помощью вѣсовъ, и довольствоваться пока его результатами, которые прямо относятся къ занимающему насъ теперь предмету.

Насъ теперь интересуютъ три сложныя тѣла, хлористоводородная, бромистоводородная и іодистоводородная кислоты; анализъ помощью вѣсовъ этихъ трехъ тѣлъ далъ слѣдующіе результаты:

Въ хлористоводородной кислотѣ	1 часть по вѣсу водорода соединена съ	35,5 частей по вѣсу хлора.
Въ бромистоводородной кислотѣ		80,0 » » брома.
Въ іодистоводородной кислотѣ		127,0 » » іода.

Спрашивается, какимъ образомъ эти результаты взвѣшиванья могутъ послужить къ раскрытію волюметрическаго строенія бромистоводородной и іодистоводородной кислоты, сравнительно съ волюметрическимъ строеніемъ хлористоводородной кислоты?

Мы видѣли, что

1 часть по вѣсу водорода + 35,5 частей по вѣсу хлора = 36,6 частей по вѣсу хлористоводородной кислоты.

Мы видѣли также, что получаемыя такимъ образомъ 36,5 частей по вѣсу хлористоводородной кислоты занимаютъ пространство, ровно вдвое больше пространства занимаемаго однимъ объемомъ водорода, принятымъ за единицу сравненія. Такимъ образомъ, какъ мы уже видѣли, число 36,5 представляетъ для насъ двойной объемный вѣсъ хлористоводородной кислоты, которой слѣдовательно на-

стоящій объемный или удѣльный вѣсъ, сравнительно съ водородомъ, $= \frac{36,5}{2} = 18,25$.

Предполагая, что бромистоводородная и іодистоводородная кислоты построены одинаково съ хлористоводородною кислотой, мы должны имѣть: 1 часть по вѣсу водорода $+$ 80 частей по вѣсу брома $=$ 81 части по вѣсу бромистоводородной кислоты $=$ 2 объемамъ, — откуда, объемный вѣсъ бромистоводородной кислотѣ $= \frac{81}{2} = 40,5$; и

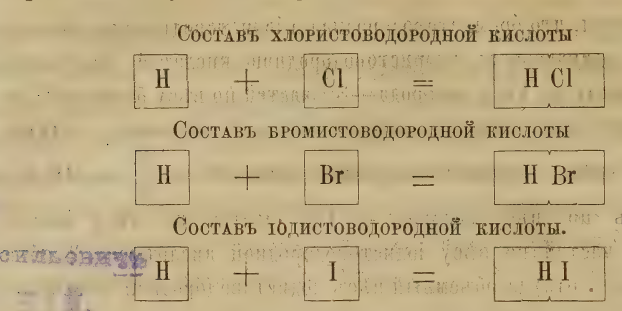
1 часть по вѣсу водорода $+$ 127 частей по вѣсу іода $=$ 128 частей по вѣсу іодистоводородной кислоты $=$ 2 объемамъ, — откуда объемный вѣсъ іодистоводородной кислоты $= \frac{128}{2} = 64$.

Экспериментальное опредѣленіе объемнаго вѣса бромистоводородной и іодистоводородной кислотъ подтвердило эти предположенія.

Далѣе мы помнимъ, что вѣсъ хлора (35,5), который соединяется съ 1 частью по вѣсу водорода для образованія 2 объемовъ хлористоводородной кислоты, представляетъ объемный вѣсъ хлора. Предполагая, что бромистоводородная и іодистоводородная кислоты имѣютъ одинаковое строеніе съ хлористоводородною кислотой, очевидно, что вѣсъ брома (80) и вѣсъ іода (127), соединяющіеся съ 1 частью по вѣсу водорода для образованія 2 объемовъ бромистоводородной или іодистоводородной кислоты, должны представлять относительные объемные вѣса брома и іода въ газообразномъ состояніи, или какъ часто выражаются, плотности ихъ паровъ. Сравненіе этихъ элементовъ въ газообразномъ состояніи, конечно, должно быть произведено при температурѣ, равной или высшей той температуры, при которой наименѣе летучій изъ нихъ принимаетъ газообразное состояніе. Дѣйствительно, опытъ доказалъ, что при одинаковыхъ температурахъ газообразный бромъ въ 80 разъ, а газообразный іодъ въ 127 разъ тяжелѣе водороднаго газа.

Эти сравненія не могутъ оставить никакого сомнѣнія въ томъ, что бромистоводородная и іодистоводородная кислоты построены по типу хлористоводородной кислоты. Поэтому, если мы представимъ относительные объемные вѣса газообразнаго брома черезъ Br $=$

80, а газообразнаго іода через I = 127, тогда наши свѣдѣнія о нашихъ трехъ аналогически построенныхъ тѣлахъ могутъ быть выражены слѣдующимъ образомъ:



Или переходя отъ этихъ знаковъ, какъ прежде, къ краткимъ формуламъ, мы имѣемъ:

Для хлористоводородной кислоты $H + Cl = HCl$.
Для бромистоводородной кислоты $H + Br = HBr$.
Для іодистоводородной кислоты $H + I = HI$.

Сравнивая составъ фосфористаго и селенистаго водорода съ составомъ воды, мы приходимъ къ подобнымъ результатамъ и формуламъ.

Два объема водянаго пара, какъ мы видѣли, содержатъ два объема водорода въ соединеніи съ 1 объемомъ кислорода. Если фосфористый и селенистый водородъ построены по типу воды, тогда въ 2 объемахъ каждаго изъ этихъ тѣлъ мы должны находить 2 объема водорода въ соединеніи съ 1 объемомъ газообразнаго фосфора или селена. Дѣйствительно, опытъ подтвердилъ это предположеніе. Но такъ какъ при обыкновенной температурѣ фосфоръ и селенъ представляютъ твердыя тѣла и переходятъ въ газообразное состояніе лишь при очень высокой температурѣ, то для этого изслѣдованія химики нашли удобнѣе анализъ помощью вѣсовъ, который далъ слѣдующіе результаты.

Въ водѣ	2 части по вѣсу водорода соединены съ	16 частями кислорода.
Въ фосфористомъ водородѣ		32 » фосфора.
Въ селенистомъ водородѣ		79,4 » селена.

Изъ этихъ результатовъ объемные вѣса газовъ этихъ трехъ сложныхъ тѣлъ легко выводятся слѣдующимъ образомъ:

Въ водяномъ парѣ двѣ части по вѣсу водорода + 16 частей по вѣсу кислорода = 18 частей по вѣсу воды = 2 объемамъ; откуда объемный вѣсъ водяннаго пара $= \frac{18}{2} = 9$.

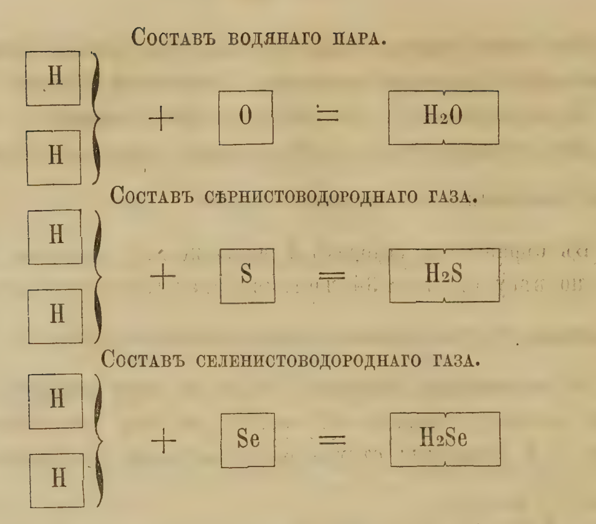
Въ сѣрнистомъ водородѣ 2 части по вѣсу водорода + 32 части по вѣсу сѣры = 34 части по вѣсу сѣрнистаго водорода = 2 объемамъ; откуда объемный вѣсъ сѣрнистаго водорода $= \frac{34}{2} = 17$.

Въ селенистомъ водородѣ 2 части по вѣсу водорода + 79 частей по вѣсу селена = 81 частей по вѣсу селенистаго водорода = 2 объемамъ; откуда объемный вѣсъ селенистаго водорода $= \frac{81}{2} = 40,5$.

Оба послѣдніе результата, вычисленные на основаніи предположенія, что сѣрнистый и селенистый водородъ построены по типу воды, совершенно совпадаютъ съ результатами полученными опытомъ.

Но наши прежнія изслѣдованія (ср. стр. 45) показали намъ также, что вѣсъ кислорода (16), который соединенъ въ водяномъ парѣ съ 2 частями, т. е. съ вѣсомъ двухъ объемовъ водорода, представляетъ объемный вѣсъ кислорода. Если сѣрнистый и селенистый водородъ построены аналогически съ водой, то имѣемъ право ожидать, что вѣсъ сѣры (32) и селена (79), который входитъ въ соединеніе съ 2 частями водорода, также выражаетъ относительный объемный вѣсъ сѣры и селена въ газообразномъ состояніи. Въ новѣйшее время точно опредѣлены опытомъ объемные вѣса сѣры и селена; результаты этихъ опытовъ показываютъ, что при температурахъ, при которыхъ эти элементы принимаютъ совершенно газообразное состояніе, сѣра въ 32, а селенъ въ 79 разъ тяжелѣе водорода.

Такимъ образомъ аналогія строенія воды, сѣрнистаго и селенистаго водорода совершенно достаточно доказана. Поэтому, если представить объемный вѣсъ газообразной сѣры черезъ $S = 32$, а объемный вѣсъ газообразнаго селена черезъ $Se = 79$, тогда отношенія объемовъ занимающихъ насъ теперь тѣлъ могутъ быть выражены:



Замѣняя это обозначеніе знаками, мы получаемъ слѣдующія краткія выраженія:

Для водянаго пара $2\,H + O = H_2O$.
Для сѣрнистаго водорода $2\,H + S = H_2S$.
Для селенистаго водорода $2\,H + Se = H_2Se$.

Теперь намъ остается разсмотрѣть, дѣйствительно ли фосфористый и мышьяковистый водородъ построены по типу амміака, какъ мы предполагали; но это, вмѣстѣ съ нѣкоторыми общими замѣчаніями о химическихъ знакахъ, должно составлять предметъ особенной лекціи.

V.

Химическіе знаки (продолженіе).—Фосфористый водородъ.—Мышьяковистый водородъ. — Строенія этихъ тѣлъ по типу амміака. — Анализъ по вѣсу фосфористаго и мышьяковистаго водорода. — Ихъ объемный вѣсъ.—Особенности объемнаго вѣса фосфора и мышьяка въ видѣ пара.—Вѣсъ, въ которомъ образуютъ соединенія фосфоръ и мышьякъ. — Общія замѣчанія о химическихъ формулахъ. — Химическія формулы, какъ средство для классификаціи.—Представленіе химическихъ процессовъ формулами.—Химическія уравненія.—Переложеніе химическихъ формулъ на вѣсъ и объемы.—Анализъ по вѣсу хлористаго, азотистаго и окиси—натрія и калія.—Вѣсъ, въ которомъ образуютъ соединенія натрій и калій.

Разсмотрѣвъ строеніе тѣлъ двухъ нашихъ типическихъ группъ: группы хлористоводородной кислоты и воды, мы должны разсмотрѣть теперь нашу третью типическую группу—группу амміака; мы должны разсмотрѣть, дѣйствительно-ли фосфористый и мышьяковистый водородъ построены по типу амміака.

Припомнимъ, что между тѣмъ какъ 2 объема хлористоводородной кислоты содержатъ 1 объемъ водорода въ соединеніи съ 1 объемомъ хлора, между тѣмъ какъ 2 объема водянаго пара содержатъ 2 объема водорода въ соединеніи съ 1 объемомъ кислорода, 2 объема амміака, какъ мы нашли, содержатъ 3 объема водорода въ соединеніи съ 1 объемомъ азота. Спрашивается теперь, дѣйствительно-ли фосфористый и мышьяковистый водородъ построены по послѣднему типу — по типу амміака?

Для разрѣшенія этого вопроса химики также прибѣгли къ анализу взвѣшиваньемъ. Результаты этого анализа, относительно состава амміака, фосфористаго и мышьяковистаго водорода, суть:

Въ амміакѣ	3 части по вѣсу водорода соединены съ	14 частями по вѣсу азота.
Въ фосфористомъ водородѣ		31 » фосфора.
Въ мышьяковистомъ водородѣ		75 » мышьяка.

Изъ прежнихъ нашихъ опытовъ мы знаемъ, что относительно амміака эти результаты анализа соотвѣтствуютъ объемному или удѣльному вѣсу соединенія:

3 части по вѣсу водорода + 14 частей по вѣсу азота = 17 частей по вѣсу амміака=2 объемамъ; откуда объемный или удѣльный вѣсъ соединенія $= \frac{17}{2} = 8.5$.

Если поэтому объемное строеніе фосфористаго и мышьяковистаго водорода одинаково съ объемнымъ строеніемъ амміака, то мы должны получить ихъ объемные вѣса слѣдующимъ образомъ:

Въ фосфористомъ водородѣ: 3 части по вѣсу водорода + 31 частей по вѣсу фосфора = 34 частямъ по вѣсу фосфористаго водорода = 2 объемамъ; откуда объемный вѣсъ фосфористаго водорода $= \frac{34}{2} = 17$.

Въ мышьяковистомъ водородѣ: 3 части по вѣсу водорода + 75 частей по вѣсу мышьяка = 78 частей по вѣсу мышьяковистаго водорода=2 объемамъ; откуда объемный вѣсъ мышьяковистаго водорода $= \frac{78}{2} = 39$.

Эти объемные вѣса фосфористаго и мышьяковистаго водорода дѣйствительно получены опытомъ.

Такимъ образомъ насколько наше изслѣдованіе относится къ занимающимъ насъ теперь тремъ тѣламъ, когда они уже образовались, а не къ ихъ элементамъ, еще не соединившимся въ эти тѣла, опытъ, повидимому, подтверждаетъ наше воззрѣніе о совершенной тождественности типа строенія этихъ трехъ тѣлъ.

Но если отъ разсмотрѣнія образовавшихся уже тѣлъ, мы обратимся къ разсмотрѣнію объема элементовъ, участвующихъ въ ихъ образованіи, то откроемъ весьма замѣчательное и любопытное различіе—первое въ своемъ родѣ, представляющееся намъ

въ нашихъ занятіяхъ. Мы должны обратить особенное вниманіе на характеръ этого различія.

Вѣсъ азота (14), соединяющійся съ 3 частями по вѣсу водорода для образованія амміака, представляетъ, какъ мы видѣли, объемный вѣсъ азота. Другими словами, соединяющійся вѣсъ азота совпадаетъ съ его объемнымъ вѣсомъ. Принимая, что химическое строеніе фосфористаго и мышьяковистаго водорода строго аналогично со строеніемъ амміака, мы могли бы ожидать, что вѣса фосфора (31) и мышьяка (75), соединяющіеся съ 3 частями по вѣсу водорода въ фосфористомъ и мышьяковистомъ водородѣ, также представляютъ объемные вѣса фосфора и мышьяка. Другими словами, мы могли бы ожидать въ этомъ случаѣ тоже самое совпаденіе соединяющагося вѣса съ объемнымъ вѣсомъ, какое мы нашли относительно азота.

Но тутъ мы встрѣчаемся съ первымъ исключеніемъ изъ правила, пока для насъ ненарушеннаго.

Числа 31 и 75, представляющія соединяющіеся вѣса фосфора и мышьяка, не выражаютъ и объемныхъ вѣсовъ этихъ элементовъ; впрочемъ, какъ мы увидимъ, ихъ соединяющіеся и объемные вѣса находятся другъ къ другу въ очень простомъ отношеніи. Сравнивая экспериментально вѣса одинаковыхъ объемовъ водорода, фосфора и мышьяка, при температурѣ, при которой оба послѣднія тѣла переходятъ въ газообразное состояніе, мы находимъ, что фосфоръ не въ 31 разъ, а мышьякъ не въ 75 разъ тяжелѣе водорода, но что эти числа должны быть удвоены, для того чтобы они соотвѣтствовали дѣйствительности. Другими словами, мы находимъ, что объемный вѣсъ фосфорнаго газа не 31, какъ его соединяющійся вѣсъ, а $31 \times 2 = 62$, и что объемный вѣсъ мышьяка не 75, какъ его соединяющійся вѣсъ, а $75 \times 2 = 150$.

Это поразительное и странное отступленіе отъ найденнаго нами до сихъ поръ общаго совпаденія пока для насъ необъяснимо. Мы не можемъ найти никакой причины для объясненія этого несовпаденія объемнаго и соединяющагося вѣса фосфорнаго и мышьячнаго газовъ и происходящаго отъ этого отступленія отъ типа амміака въ фосфористомъ и мышьяковистомъ водородѣ. Но

если причина этого различія намъ пока неизвѣстна, то его характеръ и предѣлы вполнѣ разъяснены.

Каждый изъ трехъ занимающихъ насъ теперь сложныхъ тѣлъ содержитъ въ двухъ объемахъ три объема водорода; объемный вѣсъ каждаго изъ нихъ оказался по опыту строго соотвѣтствующимъ объемному вѣсу, вычисленному по анализу взвѣшиваньемъ; но количества азота, фосфора и мышьяка, соединенныя въ этихъ тѣлахъ съ тремя частями водорода, представляютъ вѣса не одинаковыхъ объемовъ этихъ трехъ элементовъ: между тѣмъ какъ вѣсъ азота (14) представляетъ одинъ объемъ этого элемента, вѣса фосфора (31) и мышьяка (75) представляютъ только половину объема фосфорнаго и мышьячнаго газа. Эта преобладающая аналогія и это частное отступленіе въ строеніи занимающихъ насъ теперь трехъ сложныхъ тѣлъ наглядно представлены въ слѣдующихъ таблицахъ, которыя представляютъ факты съ двухъ точекъ зрѣнія.

Въ первой таблицѣ исходною точкой приняты объемные вѣса фосфора и мышьяка, которые, какъ мы сейчасъ видѣли, ровно вдвое больше ихъ соединяющихся вѣсовъ, принятыхъ исходной точкой во второй таблицѣ. Представленные объемы фосфора и мышьяка соотвѣтствуютъ такимъ образомъ въ первой таблицѣ единицѣ объема водорода — нашему объему сравненія или нормальному объему. Это конечно ведетъ за собою удвоенія какъ трехъ объемовъ водорода, входящихъ въ соединеніе, такъ и нормальнаго объема, образующагося въ каждомъ случаѣ соединенія. Мы также принуждены принять два буквенныхъ знака по одному для каждаго случая,—одинъ для выраженія объемнаго вѣса, другой для обозначенія соединяющагося вѣса фосфора и мышьяка. Для обозначенія этихъ двухъ вѣсовъ мы можемъ удобно употреблять для фосфора знаки, Pho = 62 и P = 31, а для мышьяка знаки Ars = 150 и As = 75. Выраженія знаками, соотвѣтственно фактамъ, принимаютъ тогда слѣдующій видъ сравнительно съ амміакомъ. Принимая прежде объемные вѣса основаніемъ для обозначенія, мы получаемъ:

Составъ амміака.

$$\left.\begin{array}{c}\boxed{H}\\ \boxed{H}\\ \boxed{H}\end{array}\right\} + \boxed{N} = \boxed{H_3\ N}$$

Составъ фосфористаго водорода.

$$\left.\begin{array}{cc}\boxed{H} & \boxed{H}\\ \boxed{H} & \boxed{H}\\ \boxed{H} & \boxed{H}\end{array}\right\} + \boxed{Pho} = \boxed{H_6\ Pho}$$

Составъ мышьяковистаго водорода.

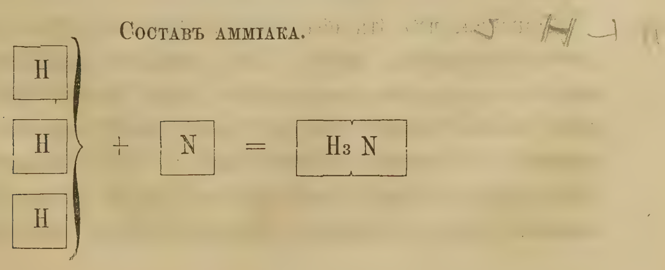
$$\left.\begin{array}{cc}\boxed{H} & \boxed{H}\\ \boxed{H} & \boxed{H}\\ \boxed{H} & \boxed{H}\end{array}\right\} + \boxed{Ars} = \boxed{H_6\ Ars}$$

Оставляя, какъ прежде, квадраты, получаемъ слѣдующія формулы:

Для амміака $3H + N = H_3N$.
Для фосфористаго водорода $6H + Pho = H_6 Pho$.
Для мышьяковистаго водорода $6H + Ars = H_6 Ars$.

Во второй таблицѣ принята другая исходная точка.

Составъ амміака.



Составъ фосфористаго водорода.

$$\left.\begin{array}{c}\boxed{H}\\ \boxed{H}\\ \boxed{H}\end{array}\right\} + P = H_3P$$

Составъ мышьяковистаго водорода.

$$\left.\begin{array}{c}\boxed{H}\\ \boxed{H}\\ \boxed{H}\end{array}\right\} + As = H_3As$$

Въ этой таблицѣ исходною точкою обозначенія принятъ не объемный вѣсъ, а соединяющійся вѣсъ фосфора и мышьяка. Поэтому объемы фосфора и мышьяка въ видѣ газовъ представлены на половину объема азота. Это обозначеніе устраняетъ необходимость удвоенія объема водорода и образующихся соединеній,— въ немъ P = 31, а As = 75, которыхъ полуобъемныя значенія представлены особенными треугольниками, занимающими половину плоскости квадратовъ.

Оставляя и въ этомъ случаѣ обозначеніе четыреугольниками и треугольниками, получаемъ слѣдующія формулы:

Для амміака . . . . $3H + N = H_3N$.
Для фосфористаго водорода . . . $3H + P = H_3P$.
Для мышьяковистаго водорода . . $3H + As = H_3As$.

Понятно, что эти оба рода обозначенія могутъ быть употребляемы безразлично, что оба они одинаково представляютъ лишь опытные результаты относительно этихъ двухъ тѣлъ, не сообщая намъ ничего больше объ ихъ химическомъ строеніи. Форма обозначенія въ первой таблицѣ можетъ быть названа двувѣсовой формой; форма обозначенія во второй таблицѣ можетъ быть названа полуобъемною. Послѣдняя форма заслуживаетъ пред-

почтеніе, потому что она въ каждомъ случаѣ оставляетъ неизмѣненными наши три объема водорода и нормальные два объема образующагося соединенія, между тѣмъ какъ измѣненный видъ среднихъ членовъ формулъ фосфористаго и мышьяковистаго водорода обращаютъ съ перваго взгляда вниманіе на дѣйствительное и единственное отличіе этихъ формулъ отъ формулы амміака, именно на полуобъемный характеръ фосфора и мышьяка въ видѣ газовъ, сравнительно съ азотомъ.

Мы еще будемъ имѣть случай возвращаться къ исключительному характеру этихъ соединеній фосфора и мышьяка; пока запомнимъ только тотъ фактъ, что между тѣмъ, какъ знаки H, Cl, Br, I, O, S, Se и N выражаютъ въ одно и тоже время соединяющіеся и объемные вѣса водорода, хлора, газообразнаго брома и іода, кислорода, газообразной сѣры и селена, азота, знаки P и As выражаютъ соединяющіеся, а не объемные вѣса газообразнаго фосфора и мышьяка, такъ какъ объемный вѣсъ каждаго изъ этихъ двухъ элементовъ вдвое больше ихъ соединяющагося вѣса.

Хотя полное единство нашего обозначенія знаками нарушено этими двумя исключительными случаями, тѣмъ не менѣе практическое значеніе и научная важность этого замѣчательнаго языка, который по справедливости можетъ быть названъ алгеброй химіи, остаются въ своей полной силѣ. Замѣщая для фосфора и мышьяка четыреугольники, выражающіе полные объемы, треугольниками, происходящими отъ раздѣленія діагональю этихъ четыреугольниковъ, полуобъемный характеръ этихъ исключительныхъ тѣлъ ясно выраженъ, и всѣ прочія выраженія знаковъ подходятъ подъ общее правило.

Мы уже видѣли нѣсколько примѣровъ значенія нашихъ символическихъ формулъ, — и если бы онѣ не имѣли другаго значенія, кромѣ яснаго выраженія элементарнаго строенія соединеній, онѣ уже поэтому заслуживали бы мѣсто между самыми важными орудіями химическаго изслѣдованія.

Но какъ ни поучительны отдѣльныя химическія формулы, какъ ни кратко, такъ сказать, обрисовывается ими портретъ каждаго соединенія, какъ ни живо онѣ впечатлѣваютъ въ умѣ ихъ особенныя характерныя черты, — онѣ пріобрѣтаютъ еще большее

значеніе при сравнительномъ изученіи разныхъ тѣль, какъ средство классификаціи. Сравнивая формулу какого нибудь химическаго соединенія съ каждою изъ типическихъ формулъ, легко опредѣлить къ какой группѣ принадлежитъ данное соединеніе, — а по извѣстнымъ химическимъ свойствамъ группы можно предугадать вѣроятныя свойства новаго члена ея, опредѣлить напередъ надлежащій путь его изслѣдованія и нерѣдко предсказать результатъ этого изслѣдованія.

Въ практическомъ отношеніи химическія формулы имѣютъ большое значеніе, какъ скорописный и скорочитаемый языкъ, разомъ представляющій уму значительную связь фактовъ, которую можно выразитъ словами лишь по частямъ. Это значеніе формулъ можно назвать ихъ стенографическимъ значеніемъ.

Но химическія формулы имѣютъ важное значеніе не только въ практическомъ отношеніи. Для химика онѣ служатъ краткими и ясными выраженіями химическихъ законовъ, абстрактными представителями опредѣленныхъ отношеній, — онѣ становятся непосредственными выраженіями дѣйствительныхъ фактовъ, если замѣнить знаки дѣйствительными значеніями, которыя онѣ представляютъ.

Изъ всего этого слѣдуетъ, что съ химическими знаками можно обращаться какъ съ обыкновенными алгебраическими выраженіями. Обозначенія знаками разныхъ элементовъ и соединеній могутъ быть приведены въ связь между собою помощью обыкновенныхъ алгебраическихъ знаковъ: знака сложенія $+$, умноженія $\times$, вычитанія $-$ и равенства $=$.

Такимъ образомъ мы можемъ построить химическія уравненія, помощью которыхъ можно скоро прослѣдить самыя сложныя химическія реакціи, при всевозможныхъ видоизмѣненіяхъ. Польза этихъ уравненій для химическаго изслѣдованія чрезвычайно велика. Мы впослѣдствіи увидимъ какой строгій пробный камень нашего пониманія представляютъ эти уравненія, какъ часто можно предвидѣть негодность извѣстныхъ плановъ изслѣдованія или открыть ошибки нѣкоторыхъ обобщеній, подвергая ихъ строгой пробѣ символическихъ уравненій, и какъ съ другой стороны счастливо составленныя уравненія ведутъ къ опытамъ, которымъ мы обязаны самыми драгоцѣнными результатами.

Начинающій химикъ долженъ поэтому по возможности раньше и основательнѣе заняться языкомъ химическихъ формулъ. Еще прежде, чѣмъ онъ уйдетъ такъ далеко въ своихъ занятіяхъ, чтобы оцѣнить высшее научное значеніе этихъ формулъ, онъ найдетъ въ нихъ неоцѣненное пособіе для своихъ успѣховъ, въ отношеніи оцѣнки ясности и точности его разсужденій и вѣрности результатовъ его опытовъ. Можетъ, дѣйствительно, случиться, что извѣстные результаты могутъ быть выражены въ логическихъ символическихъ равенствахъ, не заслуживая еще поэтому довѣрія, какъ необходимо вѣрные,—но результаты, которые не могутъ быть приведены въ согласіе съ данными формулами, могутъ съ совершенною увѣренностью быть оставлены какъ невѣрные. Начинающій химикъ долженъ поэтому при самомъ началѣ своихъ занятій стараться достигнуть навыка въ чтеніи и письмѣ химическихъ знаковъ и формулъ, для того чтобы онъ впослѣдствіи могъ съ легкостью прилагать ихъ для рѣшенія практическихъ и теоретическихъ задачъ.

Какъ введеніе въ это изученіе, постараемся еще разъ обозрѣть реакціи, съ которыми мы уже познакомились; мы можемъ обозрѣть ихъ теперь болѣе полно и точно, чѣмъ прежде, пользуясь языкомъ химическихъ формулъ.

Вы, безъ сомнѣнія, помните, какъ мы пользовались сильнымъ притяженіемъ хлора къ водороду для опредѣленія состава воды и амміака, и какъ легко намъ удалось, благодаря этому сильному притяженію, выдѣлить водородъ изъ этихъ двухъ сложныхъ тѣлъ, освобождая изъ нихъ въ тоже время кислородъ и азотъ. Съ одной стороны образованіе хлористоводородной кислоты, съ другой стороны освобожденіе кислорода и азота не оставляютъ никакого сомнѣнія насчетъ качественнаго состава воды и амміака.

Но мы должны идти дальше, чтобы дойти до символическаго выраженія этихъ реакцій. Для этого мы должны познакомиться съ реакціями при этихъ опытахъ въ количественномъ, какъ и въ качественномъ отношеніи. Эти изслѣдованія уже сдѣланы химиками; они въ точности опредѣлили количества хлора, требуемыя для разложенія даннаго объема воды и амміака, количества кислорода и азота, которыя освобождаются, и количество хлористоводородной кислоты, которое образуется въ каждомъ изъ

этихъ случаевъ. Полученные ими результаты могутъ быть кратко выражены слѣдующими равенствами:

1. Разложеніе воды хлоромъ и продукты этой реакціи:

$$\left.\begin{matrix}H\\H\end{matrix}\right\}O + Cl + Cl = HCl + HCl + O;$$

или проще:

$$H_2O + 2Cl = 2HCl + O.$$

Это равенство не только выражаетъ качественные результаты опыта, — оно даетъ намъ ясный отчетъ о происходящей реакціи и въ количественномъ отношеніи. Подразумѣвая подъ каждой буквой названіе, вѣсъ и объемъ, которые она выражаетъ, искомыя отношенія становятся намъ ясными. Замѣщая буквы ихъ вѣсовыми значеніями, $H = 1$, $O = 16$ и $Cl = 35,5$, получаемъ слѣдующее выраженіе:

$2 + 16 = 18$ частей по вѣсу воды требуютъ для своего разложенія $2 \times 35,5 = 71$ частей по вѣсу хлора; при этомъ получаются $2 \times (1 + 35,5) = 73$ части по вѣсу хлористоводородной кислоты $+ 16$ частей по вѣсу кислорода.

Читая это равенство для отношеній объемовъ, которыя оно также выражаетъ, мы узнаемъ изъ него, что два объема газообразной воды (сжатый продуктъ, какъ мы уже знаемъ, трехъ объемовъ: $H + H + O$) требуютъ для своего разложенія 2 объема хлора, и что образующіеся при этомъ продукты сутъ $2 \times 2 = 4$ объема хлористоводородной кислоты и 1 объемъ свободнаго кислорода.

2. Разложеніе амміака хлоромъ и продукты этой реакціи.

Эту реакцію, какъ и предъидущую, можно выразить двоякимъ образомъ; мы можемъ писать:

$$\left.\begin{matrix}H\\H\\H\end{matrix}\right\}N + Cl + Cl + Cl = HCl + HCl + HCl + N;$$

или проще:

$$H_3N + 3Cl = 3HCl + N.$$

Оба эти выраженія сообщаютъ намъ тѣ же данныя.

Замѣщая, какъ прежде, знаки ихъ числовыми значеніями вѣса и объема, получаемъ слѣдующія отношенія:

17 частей по вѣсу амміака + 3 × 35,5 частей по вѣсу хлора

2 объема + 3 объема

= 3 × (1 + 35,5) ч. по вѣсу хлористоводород. кисл. + 14 ч. по вѣсу азота.

6 объемовъ. + 1 объемъ.

Всѣ эти результаты выражены въ предъидущемъ равенствѣ нѣсколькими буквами и цифрами, которыя распредѣлены въ четыре группы и соединены тремя алгебраическими знаками. Трудно представить себѣ болѣе краткую и ясную форму выраженія.

Въ сейчасъ разсмотрѣнныхъ процессахъ мы имѣли дѣло исключительно съ элементами, которые при обыкновенной температурѣ находятся въ газообразномъ состояніи, которыхъ объемные вѣса поэтому легко опредѣлить. Но не всѣ элементы могутъ быть получены въ газообразномъ состояніи при обыкновенныхъ условіяхъ температуры, — отсюда возникаетъ для насъ важное затрудненіе при приложеніи нашего языка къ этимъ элементамъ. За примѣрами этого затрудненія намъ не нужно пока выйти изъ ограниченнаго круга извѣстныхъ намъ уже фактовъ. Они встрѣчаются намъ уже въ трехъ простыхъ опытахъ, которыми мы начали наши занятія.

Вы помните, что для выдѣленія водорода изъ хлористоводородной кислоты, воды и амміака — мы подвергали эти тѣла дѣйствію двухъ металлическихъ элементовъ, калія и натрія; оба эти элемента твердыя тѣла, а не газы. Все, что мы узнали изъ упомянутыхъ опытовъ, при тѣхъ условіяхъ, при которыхъ мы ихъ производили, это фактъ—выдѣленіе водорода. Но настоящая сущность этихъ реакцій, измѣненія калія или натрія, отношенія вѣса, въ которыхъ данныя вещества дѣйствуютъ другъ на друга, остались намъ пока неизвѣстными. Мы должны заняться теперь этими частностями, чтобы найти для этихъ реакцій надлежащія выраженія знаковъ. Принимаясь за эту задачу, мы въ первый разъ познакомимся съ упомянутымъ затрудненіемъ, равно какъ и съ способами его устраненія.

Займемся прежде этими реакціями въ качественномъ отношеніи. Въ этомъ отношеніи для насъ очень важны извѣстные намъ уже результаты дѣйствія хлора на воду и амміакъ. Калій и натрій выдѣляютъ водородъ изъ хлористоводородной кислоты,

воды и амміака, соединяясь при этомъ съ элементами хлоромъ, кислородомъ или азотомъ. При дѣйствіи натрія на хлористоводородную кислоту образуется твердое соединеніе натрія съ хлоромъ, которое мы называемъ хлористымъ натріемъ. При дѣйствіи натрія на воду, при надлежащихъ условіяхъ, образуется твердое соединеніе натрія съ кислородомъ, которое мы называемъ окисью натрія или натромъ. Наконецъ при дѣйствіи натрія, при благопріятныхъ условіяхъ, на амміакъ, образуется твердое соединеніе натрія съ азотомъ, которое мы можемъ назвать азотистымъ натріемъ.

Но теперь мы должны выразить эти реакціи равенствами, которыя представили бы ихъ количественныя условія. Тутъ-то и начинается наше затрудненіе. Очевидно, что для достиженія нашей цѣли, для пополненія нашихъ познаній объ этихъ реакціяхъ и для выраженія пріобрѣтенныхъ познаній въ объемныхъ равенствахъ, мы должны знать объемный или удѣльный вѣсъ газообразнаго натрія. Къ сожалѣнію, натрій можетъ быть приведенъ въ газообразное состояніе лишь при очень высокихъ температурахъ и при условіяхъ, сильно затрудняющихъ полученіе газа въ чистомъ состояніи для опредѣленія его объемнаго вѣса. Газообразный натрій никогда еще до сихъ поръ не былъ полученъ въ совершенно чистомъ состояніи, поэтому его объемный вѣсъ намъ неизвѣстенъ.

За недостаткомъ прямыхъ способовъ опредѣленія объемнаго вѣса натрія, химики прибѣгли къ косвенному способу изслѣдованія. Они стремились опредѣлить его соединяющійся вѣсъ относительно газообразныхъ тѣлъ; для этой цѣли они старались получить газообразное соединеніе натрія съ водородомъ. Если бы это удалось, тогда можно было бы измѣрить и анализировать нормальный объемъ образующагося сложнаго газа — намъ извѣстный двойной объемъ, — при чемъ вѣсъ натрія, содержащійся въ немъ, представлялъ бы соединяющійся вѣсъ этого элемента относительно нашей единицы сравненія — водорода. Но и эта попытка не удалась, — до сихъ поръ не удалось получить соединеніе натрія съ водородомъ.

При такомъ положеніи дѣла ничего не оставалось, какъ обратиться къ вѣсовому анализу твердыхъ соединеній натрія — хлористаго натрія, окиси натрія и азотистаго натрія, о которыхъ мы

сейчасъ говорили. Мы уже знакомы съ значенiемъ этого метода. Простой и чистый вѣсовой анализъ уже оказалъ намъ важныя услуги при изученiи бромистоводородной и iодистоводородной кислоты, сѣрнистаго и селенистаго водорода, между тѣмъ какъ при изученiи фосфористаго и мышьяковистаго водорода мы почти исключительно должны были полагаться на его результаты.

Посмотримъ, на сколько этотъ методъ можетъ служить намъ въ занимающихъ насъ теперь случаяхъ.

Вѣсовой анализъ трехъ соединенiй, образующихся при дѣйствiи натрiя на хлористоводородную кислоту, воду и аммiакъ, далъ слѣдующiе результаты:

Въ хлористомъ натрiѣ: 35,5 частей по вѣсу хлора (вѣсъ 1 об.) соединены съ 23 частями по вѣсу натрiя.

Въ окиси натрiя: 16 частей по вѣсу кислорода (вѣсъ 1 об.) соединены съ $23 \times 2 = 46$ частями по вѣсу натрiя.

Въ азотистомъ натрiѣ: 14 частей по вѣсу азота (вѣсъ 1 об.) соединены съ $23 \times 3 = 69$ частями по вѣсу натрiя.

Такимъ образомъ одинаковые объемы хлора, кислорода и азота соединяются съ неодинаковыми количествами по вѣсу натрiя. Вѣсъ натрiя, соединяющiйся съ однимъ объемомъ кислорода, вдвое больше, вѣсъ натрiя, соединяющiйся съ однимъ объемомъ азота, втрое больше вѣса его, соединяющагося съ однимъ объемомъ хлора. Такимъ образомъ въ отношенiи къ хлору, кислороду и азоту, натрiй совершенно сходенъ съ водородомъ: вы помните, что одинъ объемъ хлора, кислорода или азота соединяется съ 1, 2, 3 ч. по вѣсу водорода.

Спрашивается, имѣемъ ли мы право, — на основанiи этихъ результатовъ и на основанiи полученныхъ уже экспериментальныхъ доказательствъ, что вѣса брома и iода, соединяющiеся съ однимъ объемомъ водорода, дѣйствительно представляютъ объемные вѣса этихъ элементовъ въ газообразномъ состоянiи, — принять вѣсъ натрiя, соединяющiйся съ однимъ объемомъ хлора, за объемный вѣсъ газообразнаго натрiя? Этотъ вопросъ долженъ быть разрѣшенъ опытомъ. Пока нѣтъ однако существенныхъ возраженiй противъ предварительнаго допущенiя этого предположенiя; въ этомъ смыслѣ мы можемъ поэтому принять за объемный вѣсъ натрiя, соединяющiйся съ однимъ объемомъ хлора въ хлористомъ

натріѣ. Такимъ образомъ нашъ знакъ для этого элемента будетъ $Na = 23$.

Допуская все это, составъ нашихъ трехъ соединеній натрія можетъ быть выраженъ формулами, которыя ясно представляютъ аналогіи съ соотвѣтствующими типическими соединеніями водорода. Помѣщая для сравненія въ одномъ столбцѣ типическія соединенія, а въ другомъ ихъ аналоги, получаемъ слѣдующую таблицу:

Типы.	Аналоги.
Хлористый водородъ (Хлористоводородная кислота) HCl	Хлористый натрій (Поваренная соль) $NaCl$.
Окись водорода (Вода) $\left.\begin{matrix}H\\H\end{matrix}\right\} O = H_2O$	Окись натрія (Натръ) $\left.\begin{matrix}Na\\Na\end{matrix}\right\} O = Na_2O$.
Азотистый водородъ (Амміакъ) $\left.\begin{matrix}H\\H\\H\end{matrix}\right\} N = H_3N$	Азотистый натрій $\left.\begin{matrix}Na\\Na\\Na\end{matrix}\right\} N = Na_3N$.

Дѣйствительно ли совпадаетъ соединяющійся вѣсъ натрія, выражаемый $Na = 23$, съ относительнымъ объемнымъ вѣсомъ его газа, или (какъ мы нашли относительно фосфора и мышьяка) объемный вѣсъ натрія вдвое больше его соединяющагося вѣса, такъ что онъ долженъ быть выраженъ $23 \times 2 = 46$, или наконецъ объемный вѣсъ натрія находится въ менѣе простомъ отношеніи съ его соединяющимся вѣсомъ, — этотъ вопросъ долженъ быть рѣшенъ будущими опытами.

Но каковъ бы ни былъ результатъ дальнѣйшихъ изслѣдованій относительно объемнаго вѣса газообразнаго натрія, познаніе его соединяющагося вѣса дозволяетъ намъ выразить въ слѣдующихъ простыхъ равенствахъ дѣйствіе его на хлористоводородную кислоту, воду и амміакъ:

$$HCl + Na = NaCl + H.$$
$$H_2O + 2Na = Na_2O + 2H.$$
$$H_3N + 3Na = Na_3N + 3H.$$

Между тѣмъ какъ до сихъ поръ мы знали только, что натрій можетъ выдѣлить водородъ изъ его соединеній съ хлоромъ, кислородомъ и азотомъ, мы теперь узнаемъ по этимъ равенствамъ, что для выдѣленія одного объема водорода ($H = 1$ по вѣсу) требуется всегда 23 части по вѣсу натрія (Na), — при чемъ все равно, содержитъ ли водородистое соединеніе, подверженное дѣйствію этого металла, одинъ, два или три объема водорода. Мы пока замѣчаемъ этотъ фактъ мимоходомъ; вся важность его станетъ намъ яснымъ немного дальше.

Но мы знаемъ уже, что хлористоводородная кислота, вода и амміакъ разлагаются отъ дѣйствія не одного натрія; точно такимъ же образомъ дѣйствуютъ на нихъ и нѣкоторые другіе металлы. Если напр. замѣстить въ предъидущихъ опытахъ натрій каліемъ, то водородъ также освобождается, при чемъ образуется хлористый калій, окись калія или кали и азотистый калій. Вѣсовые анализы этихъ сложныхъ тѣлъ, въ связи съ соображеніями, сходными съ тѣми, которыя мы развили по поводу натрія, повели химиковъ принять соединяющійся вѣсъ калія въ $39 = K$. Формулы:

$$KCl, \quad \left.\begin{matrix}K\\K\end{matrix}\right\}O, \quad \left.\begin{matrix}K\\K\\K\end{matrix}\right\}N,$$

представляютъ эти три соединенія калія; между тѣмъ какъ равенства:

$$HCl + K = KCl + H.$$
$$H_2O + 2K = K_2O + 2H.$$
$$H_3N + 3K = K_3N + 3H.$$

показываютъ образованіе этихъ соединеній калія изъ соотвѣтственныхъ соединеній водорода. Эти выраженія могутъ служить дальнѣйшимъ доказательствомъ краткости, ясности и точности языка знаковъ для изложенія и изслѣдованія химическимъ превращеній.

Мы, впрочемъ, не утверждаемъ, что эта система химическаго обозначенія достигла симметріи и логической послѣдовательности, которыя она, вѣроятно, достигнетъ съ дальнѣйшими успѣхами хи-

мическихъ познаній. Въ настоящее время нѣкоторыя отношенія, выражаемыя химическими формулами, суть только предположенія, основанныя на весьма вѣроятныхъ аналогіяхъ. Мы уже видѣли напр., что между тѣмъ какъ четыре знака H, Cl, O и N, представляютъ объемные вѣса элементовъ, находящихся въ газообразномъ состояніи при обыкновенной температурѣ и давленіи, четыре знака, Br, I, S и Se, выражаютъ объемные вѣса четырехъ элементовъ, которые не находятся въ газообразномъ состояніи при обыкновенныхъ условіяхъ температуры и давленія, и которыхъ вѣса при этихъ условіяхъ могутъ быть только вычислены изъ наблюденныхъ объемныхъ вѣсовъ при гораздо высшихъ температурахъ, при которыхъ они переходятъ въ газообразное состояніе. Далѣе, между тѣмъ какъ всѣ приведенные восемь знаковъ выражаютъ вѣса одинаковыхъ объемовъ различныхъ элементовъ, которые обозначаются ими, оба знака P и As выражаютъ только половину объемнаго вѣса обозначаемыхъ ими элементовъ. Наконецъ знаки Na и K приняты для выраженія объемнаго вѣса этихъ щелочныхъ металловъ только по предположенію, такъ какъ до сихъ поръ не удалось еще экспериментально опредѣлить объемные вѣса этихъ элементовъ, при ихъ переходѣ въ газообразное состояніе, при высокой температурѣ.

Въ этихъ случаяхъ, какъ и относительно всѣхъ элементовъ,— къ сожалѣнію, большей части,—которые не могутъ быть приведены въ газообразное состояніе, даже при самой высокой температурѣ, которую мы можемъ производить, мы должны полагаться исключительно на вѣсовой анализъ, и отсюда уже заключать по аналогіи объ ихъ вѣроятныхъ объемныхъ вѣсахъ, считая ихъ способными переходить въ газообразное состояніе. Во всѣхъ этихъ случаяхъ аналогія можетъ приводить насъ въ заблужденіе, — мы можемъ напр. принять совпаденіе объемнаго съ соединяющимся вѣсомъ какого нибудь элемента, какъ при хлорѣ и бромѣ, сѣрѣ и селенѣ, — между тѣмъ какъ въ дѣйствительности нѣтъ этого совпаденія, и соединяющійся вѣсъ соотвѣтствуетъ лишь половинѣ объема, а не полному объему газа, — какъ въ фосфорѣ и мышьякѣ, — или наконецъ соединяющійся вѣсъ находится въ менѣе простомъ отношеніи къ объемному вѣсу.

Мы должны впрочемъ помнить, что въ этомъ отношеніи, какъ

и во многихъ другихъ отношеніяхъ, въ нашъ какъ и во всѣ предъидущіе вѣка, наука находится еще въ неполномъ и переходномъ состояніи.

Поэтому только въ этомъ ограниченномъ смыслѣ и при этихъ только условіяхъ принимается въ настоящее время совпаденіе объемнаго съ вѣсовымъ строеніемъ химическихъ соединеній въ случаяхъ, находящихся пока внѣ возможности экспериментальнаго доказательства.

VI.

Четвертый членъ въ ряду типическихъ соединеній водорода. — Болотный газъ или легкій углеродистый водородъ, — нахожденіе его и полученіе,—характеристическія свойства,—качественный анализъ.—Выдѣленіе углерода изъ болотнаго газа хлоромъ.—Разложеніе болотнаго газа нагрѣваніемъ.—Количественный анализъ болотнаго газа, — его прямой синтезъ еще не удается.—Вѣсъ углерода, вступающій въ соединенія. — Анализъ болотнаго газа.—Кремнистый водородъ,—вѣроятность причисленія его къ типу болотнаго газа.

Въ типическихъ соединеніяхъ водорода, которыя мы до сихъ поръ изучали, мы нашли одинъ объемъ хлора, кислорода и азота въ соединеніи съ однимъ, двумя и тремя объемами водорода; при этомъ мы видѣли, что сжатіе увеличивается въ прямомъ отношеніи съ увеличеніемъ числа объемовъ водорода, такъ что въ каждомъ случаѣ получаются лишь два объема образующагося соединенія.

Но этотъ рядъ типическихъ соединеній еще не полонъ. Мы должны познакомиться еще съ четвертымъ членомъ — съ сложнымъ тѣломъ, содержащимъ въ двухъ своихъ объемахъ четыре объема водорода въ соединеніи съ другимъ элементомъ, извѣстнымъ подъ названіемъ углерода. Это сложное тѣло—легкій, горючій газъ, хорошо извѣстный углекопамъ подъ названіемъ рудничнаго газа, называемый также, благодаря его частому выдѣленію изъ топкой почвы, болотнымъ газомъ.

Слѣдующее главное отличіе заставляетъ насъ заняться отдѣльно описаніемъ этого четвертаго типическаго соединенія водорода: между тѣмъ какъ въ разсмотрѣнныхъ уже типическихъ соединеніяхъ оба составные элемента—газы, въ этомъ четвертомъ соединеніи водородъ соединенъ съ элементомъ, твердымъ не только при обыкновенной температурѣ, но не способнымъ перейти въ газообразное состояніе при самой высокой температурѣ, какую мы

можемъ произвести. Поэтому между тѣмъ какъ разсмотрѣнныя нами вмѣстѣ первыя три типическія соединенія раскрываютъ намъ, съ замѣчательной симметріей и въ безпрерывно восходящемъ порядкѣ, законы соединенія и возрастающаго сжатія, по объему, мы можемъ узнать объемныя отношенія лишь газообразнаго элемента четвертаго соединенія; что же касается его твердаго элемента, то наше положительное знаніе о немъ простирается только на отношеніе его вѣса, между тѣмъ какъ всякія наши воззрѣнія объ отношеніи его объема по необходимости гипотетическія. Хотя многіе химики утверждаютъ,—и не безъ основаній,—что аналогія даетъ намъ достаточное основаніе для гипотезы,—но пока углеродъ не будетъ дѣйствительно приведенъ въ газообразное состояніе, пока не будетъ дѣйствительно взвѣшенъ его паръ, мы не можемъ имѣть того положительнаго знанія объ объемномъ строеніи болотнаго газа, какое мы имѣемъ о строеніи хлористоводородной кислоты, воды и амміака.

Еще другіе причины побуждаютъ насъ разсматривать болотный газъ, отдѣльно отъ трехъ другихъ типическихъ соединеній. Въ химическомъ отношеніи этотъ газъ отличается отъ другихъ членовъ ряда типическихъ соединеній особенностями, съ которыми мы познакомимся подробнѣе впослѣдствіи, и о которыхъ мы пока замѣтимъ только, что онѣ не даютъ намъ возможности пользоваться при изученіи болотнаго газа извѣстными способами, которые были намъ полезны при изученіи другихъ типическихъ соединеній водорода.

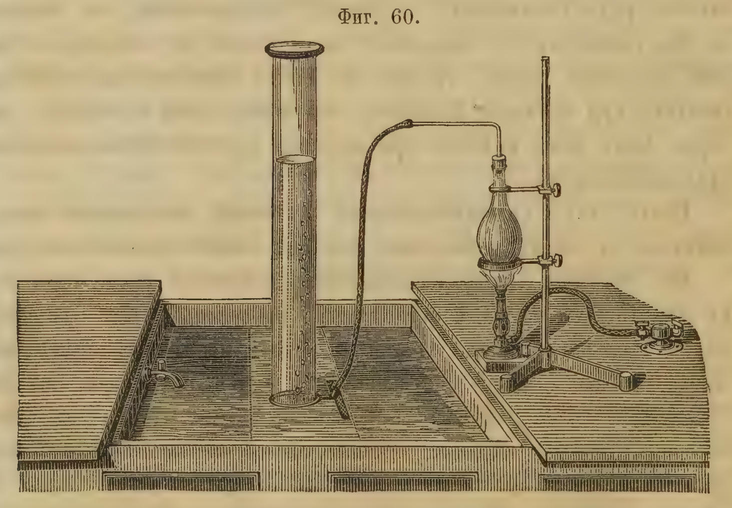
Послѣ этихъ предварительныхъ замѣчаній, постараемся познакомиться съ этимъ четвертымъ членомъ нашего типическаго ряда.

Изъ трещинъ обширныхъ пластовъ каменнаго угля выходитъ въ нѣкоторыхъ мѣстахъ безцвѣтный, прозрачный газъ, который нерѣдко скопляется въ штольнахъ плохо провѣтриваемыхъ каменноугольныхъ копей. Загораясь отъ лучины рудокопа, пренебрегающаго предохранительными мѣрами науки, этотъ газъ производитъ ужасные взрывы, стоящіе иногда жизни множеству людей. Нѣкоторые сорты каменнаго угля содержатъ этотъ газъ въ такомъ изобиліи, что онъ поднимается въ пузырькахъ, если бросить въ воду кусокъ только что добытаго угля. Этотъ же газъ, какъ мы уже замѣтили, развивается также съ влажной, топкой

почвы; онъ поднимается часто маленькими пузырьками изъ болотъ и стоячихъ водъ, въ которыхъ гніютъ растительныя вещества. Лѣтомъ, когда гніеніе ускоряется, этотъ газъ развивается нерѣдко въ такомъ обильномъ количествѣ, что его можно собирать въ цилиндрахъ, наполненныхъ водой и опрокинутыхъ надъ стоячей водой. Собранный такимъ образомъ газъ легко отличить отъ атмосфернаго воздуха по его загораемости, при приближеніи къ нему горящей свѣчи.

Конечно, неудобно было бы доставать этотъ газъ изъ какого нибудь изъ его естественныхъ источниковъ, даже если бы они содержали его въ чистомъ состояніи, а не, какъ обыкновенно, въ смѣшеніи съ воздухомъ и другими газами. Обыкновенный свѣтильный газъ, получаемый перегонкою угля, содержитъ всегда значительное количество болотнаго газа, но и тутъ онъ смѣшанъ съ другими газами, отъ которыхъ едва возможно его отдѣлить, такъ что мы не можемъ пользоваться и этимъ богатымъ и доступнымъ источникомъ нашего газа. Но мы имѣемъ простой способъ полученія для опытовъ болотнаго газа въ какомъ угодно количествѣ, изъ извѣстныхъ и дешевыхъ матеріаловъ. Для этой цѣ-

Фиг. 60.



ли нагрѣваютъ въ стекляной и еще лучше въ мѣдной или желѣзной — колбѣ, приспособленной для развитія газа, крѣпкій уксусъ съ смѣсью извести и продажнаго ѣдкаго натра; по про-

шествіи короткаго времени развивается безцвѣтный газъ, который собираютъ обыкновеннымъ путемъ (фиг. 60). Пока не интересуетъ насъ реакція, благодаря которой образуется въ этомъ случаѣ болотный газъ. Намъ достаточно пока знать, что уксусъ содержитъ углеродъ и водородъ, и что при этихъ условіяхъ часть его углерода соединяется съ его водородомъ, образуя болотный газъ. Газъ, приготовляемый такимъ образомъ въ чистомъ состояніи, часто называютъ легкимъ углеводородомъ, но мы будемъ пока называть его болотнымъ газомъ.

Отъ разсмотрѣнныхъ прежде соединеній водорода болотный газъ легко отличить по его способности горѣнія. Приближая къ нему горящую свѣчу, онъ загорается и горитъ слабо свѣтящимъ пламенемъ. Отъ хлористоводородной кислоты и амміака онъ кромѣ того отличается отсутствіемъ запаха и неспособностію измѣнять растительныя краски,—отрицательныя свойства, общія ему съ водянымъ паромъ.

Не менѣе легко отличать болотный газъ отъ большей части элементарныхъ газовъ, съ которыми мы до сихъ поръ познакомились. Въ самомъ дѣлѣ трудно смѣшать горючій болотный газъ съ негорючимъ хлоромъ, кислородомъ или азотомъ. Отъ хлора болотный газъ кромѣ того отличается отсутствіемъ запаха, цвѣта и бѣлильнаго свойства, а отъ кислорода онъ отличается своею неспособностію, подобно азоту, поддерживать горѣніе другихъ тѣлъ. Единственный элементарный газъ, съ которымъ съ перваго раза можно было-бы смѣшать болотный газъ,—это водородъ, потому что способность горѣнія, отсутствіе цвѣта, запаха, бѣлильнаго свойства и способности поддерживать горѣніе другихъ тѣлъ одинаково характеризуютъ оба газа. Но если дать обоимъ газамъ горѣть другъ возлѣ друга, то легко убѣдиться въ ихъ различіи: между тѣмъ какъ водородъ горитъ не свѣтящимъ, едва виднымъ пламенемъ, болотный газъ горитъ, хотя слабымъ, но явно свѣтящимъ пламенемъ.

Химическое различіе между обоими этими газами можетъ быть доказано другимъ простымъ и убѣдительнымъ опытомъ. Вы помните, что смѣсь водорода и хлора при зажиганіи даетъ хлористоводородную кислоту. Производя подобный опытъ съ смѣсью бо-

лотнаго газа и хлора, образованіе хлористоводородной кислоты сопровождается еще замѣчательнымъ явленіемъ.

Для этой цѣли наполняемъ высокій стеклянный цилиндръ теплой водой, опрокидываемъ его надъ пневматической ванной и собираемъ въ него болотный газъ, пока не вытѣснено немного болѣе $^1/_3$ воды; остальныя $^2/_3$ цилиндра наполняемъ хлоромъ, защищая въ тоже время цилиндръ отъ дѣйствія на него солнечнаго свѣта. Наполненный такимъ образомъ цилиндръ закрываемъ стеклянной пластинкой надъ водой, вынимаемъ его изъ ванны и покачиваемъ его немного, для надлежащаго смѣшенія газовъ. Приближая теперь горящую свѣчу къ смѣси газовъ, она загорается, при чемъ образуется хлористоводородная кислота, отъ соединенія хлора съ водородомъ, какъ въ прежнемъ нашемъ опытѣ съ смѣсью хлора и чистаго водорода. Но въ этомъ случаѣ присутствіе еще другаго тѣла обнаруживается въ обильномъ отложеніи угля, который покрываетъ густымъ чернымъ слоемъ стѣнки цилиндра, въ то время какъ пламя спускается внизъ (фиг. 61).

Фиг. 61.



Объясненіе этого явленія не представляетъ никакой трудности. Хлоръ дѣйствуетъ на болотный газъ, какъ, при надлежащихъ условіяхъ, на воду и амміакъ. Водяной газъ освобождаетъ, какъ мы видѣли, при дѣйствіи хлора свой кислородъ, амміакъ — свой азотъ; такимъ же образомъ болотный газъ выдѣляетъ свой углеродъ. Въ каждомъ изъ этихъ случаевъ водородъ сложнаго тѣла соединяется съ хлоромъ для образованія хлористоводородной кислоты.

Дѣйствіе хлора на болотный газъ показываетъ, что водородъ и углеродъ составныя части этого тѣла; намъ остается поэтому доказать теперь синтезомъ, что водородъ и углеродъ — единственныя составныя части его. Но тутъ мы встрѣчаемся съ тѣмъ

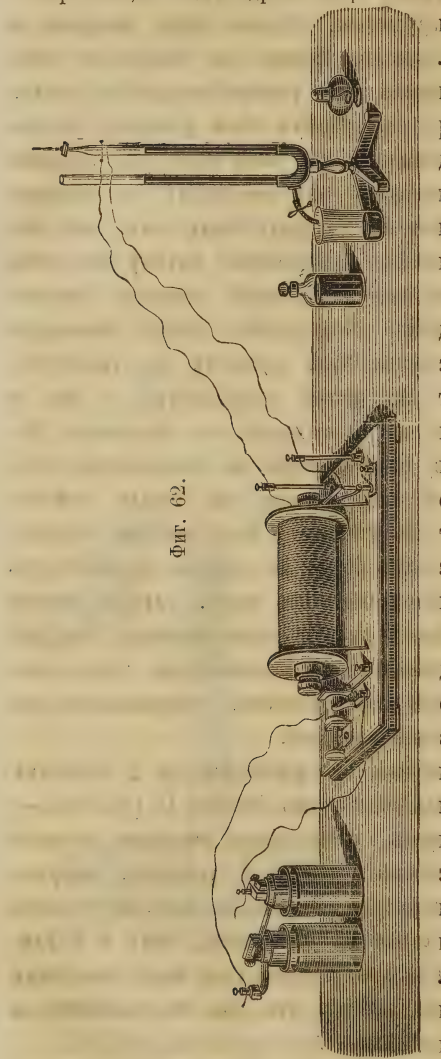
же затрудненіемъ, которое заставило насъ отказаться отъ синтеза амміака. До сихъ поръ не найденъ способъ прямаго соединенія водорода и углерода въ болотный газъ. Но и тутъ вѣсы помогаютъ намъ въ нашемъ затрудненіи. Сумма вѣса водорода и углерода, выдѣленныхъ изъ даннаго количества болотнаго газа, совершенно равна вѣсу болотнаго газа, употребленнаго для опыта.

Наша ближайшая задача — опредѣлитъ вѣсъ углерода, съ которымъ онъ входитъ въ соединеніе. Для этой цѣли мы должны опредѣлить отношеніе, въ которомъ онъ соединенъ съ водородомъ въ болотномъ газѣ. Если бы углеродъ былъ газъ, эта задача не представляла бы никакого затрудненія, потому что намъ стоило бы только употребить волюметрическій способъ, оказавшій намъ услуги при подобномъ изслѣдованіи хлора, кислорода и азота. Если бы углеродъ можно было привести въ газообразное состояніе, — все равно при какой температурѣ, — мы и тогда могли бы предпринять еще опредѣленіе его объемнаго вѣса, хотя мы тогда могли бы ожидать такое же несовпаденіе соединяющагося съ объемнымъ вѣса, какое мы нашли относительно фосфора и мышьяка. Но углеродъ, какъ мы уже знаемъ, твердое тѣло, котораго до сихъ поръ не удалось привестъ въ газообразное состояніе; поэтому намъ въ этомъ случаѣ ничего больше не остается, какъ прибѣгнуть къ единственному общему способу опредѣленія соединяющагося вѣса элементовъ. Этотъ способъ состоитъ въ опредѣленіи вѣса элемента, содержащагося въ производномъ объемѣ соединенія водорода.

Принимая количество углерода, содержащееся въ 2 объемахъ болотнаго газа, — которое мы обозначимъ буквою C (Carbo),— за соединяющійся вѣсъ углерода, наша задача очевидно сводится на точное опредѣленіе количествъ водорода и углерода, содержащихся въ 2 объемахъ болотнаго газа. Эта задача, какъ мы увидимъ послѣ, разрѣшается однимъ столь же изящнымъ, какъ и убѣдительнымъ опытомъ. Пока мы должны пользоваться болѣе сложнымъ и менѣе строгимъ способомъ, потому что онъ не выходитъ за предѣлы нашего настоящаго знанія.

Для этой цѣли мы должны прежде познакомиться съ объемнымъ вѣсомъ болотнаго газа. Что этотъ газъ вообще далеко легче атмосфернаго воздуха, можно легко доказать, оставляя на нѣсколько

мгновеній открытымъ цилиндръ, наполненный болотнымъ газомъ, и приближая потомъ къ его отверстію горящую свѣчу. Газъ не загорается, — цилиндръ содержитъ лишь атмосферный воздухъ, вытѣснившій болѣе легкій болотный газъ. Точные опыты показали, что болотный газъ ровно въ 8 разъ тяжелѣе водорода. Принимая вѣсъ одного объема водорода за единицу, вѣсъ 2 объемовъ болотнаго газа равняется 16.



Фиг. 62.

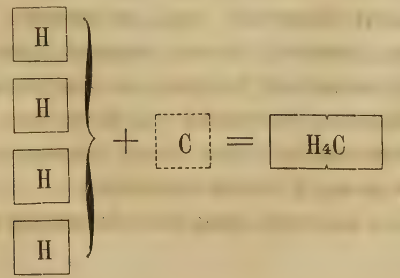
Сколько водорода въ этихъ двухъ объемахъ болотнаго газа? Мы получаемъ достаточно точный отвѣтъ на этотъ вопросъ, разлагая болотный газъ, какъ прежде амміакъ, на его составныя части дѣйствіемъ теплоты. Мы производимъ этотъ опытъ въ такой же трубкѣ, согнутой въ видѣ буквы *U*, снабженной проволоками для пропусканія электрическихъ искръ индукціоннаго аппарата, служащихъ намъ источникомъ теплоты. Едва мы начинаемъ пропускать эти искры, мы замѣчаемъ уже значительное увеличеніе объема, а по прошествіи нѣсколькихъ минутъ мы замѣчаемъ легкій налетъ угля у концовъ платиновыхъ проволокъ. Энергическое разложеніе газа въ началѣ опыта замедляется съ увеличеніемъ его объема, такъ что до окончанія этого опыта проходитъ довольно много времени. Открывая по прошествіи этого времени клещевой кранъ, пока ртуть

не придетъ въ одинаковый уровень въ обоихъ колѣнахъ трубки, мы замѣчаемъ, что объемъ газа сталъ теперь приблизительно вдвое больше его первоначальнаго объема. Дальнѣйшее пропусканіе электрическихъ искръ не производитъ тогда никакого увеличенія объема газа, который потерялъ при этомъ всѣ свойства болотнаго газа и представляетъ чистый водородъ.

Этотъ опытъ представляетъ больше трудностей, чѣмъ опыты для опредѣленія состава хлористоводородной кислоты, воды и амміака. Струя электрическихъ искръ, проходящая черезъ болотный газъ, нерѣдко прерывается, вслѣдствіе образованія проводящаго мостика изъ угля между концами проволокъ. Этотъ проводникъ, конечно, долженъ быть устраненъ, для того чтобы электричество опять могло проходить искрами. Покачиваніемъ ртути вверхъ и внизъ легко уничтожить этотъ проводящій мостикъ,— но еще лучше совсѣмъ предупредить его образованіе, перемѣняя отъ времени до времени направленіе тока.

При этихъ предосторожностяхъ опытъ даетъ почти, но не совершенно, точные результаты. Незначительная часть болотнаго газа не разлагается электрическими искрами, почему получаемый объемъ водорода не совсѣмъ ровно вдвое больше употребленнаго для опыта объема болотнаго газа. Но и въ этой несовершенной формѣ опытъ указываетъ на несомнѣнный фактъ, который мы послѣ докажемъ еще строже, помощью болѣе точныхъ способовъ, именно, что болотный газъ содержитъ свой двойной объемъ водорода.

Такимъ образомъ два объема ~~водорода~~, которыхъ вѣсъ мы нашли въ 16, содержатъ 4 объема — слѣдовательно и 4 части по вѣсу водорода въ соединеніи съ 16—4=12 частями по вѣсу углерода. Это число представляетъ по этому вѣсъ, которымъ углеродъ входитъ въ соединеніе (C = 12). Составъ болотнаго газа можно по этому выразить равенствомъ:



или, оставляя квадраты, простымъ равенствомъ:

$$4H + C = H_4C,$$

котораго правая сторона выражаетъ вѣсъ 2 объемовъ болотнаго газа, точно такъ какъ формулы HCl, H_2O и H_3N выражаютъ вѣсъ двухъ объемовъ хлористоводородной кислоты, воды и амміака.

Квадратъ, представляющій объемъ углерода въ первомъ равенствѣ, состоитъ изъ пунктированныхъ, а не вытянутыхъ линій, для того чтобы указать, что этотъ объемъ — гипотетическій, не подтвержденный опытомъ, вслѣдствіе огнепостоянности углерода. Этимъ способомъ отличенія гипотетическихъ отъ дѣйствительно вымѣренныхъ объемовъ мы часто будемъ пользоваться впослѣдствіи.

Болотный газъ представляетъ новый членъ ряда типическихъ соединеній водорода, на которыя мы до сихъ поръ обращали столько вниманія. Сколько мы пока знаемъ, водородъ ни съ какимъ элементомъ не образуетъ соединенія, въ объемѣ, котораго вѣсъ даннаго элемента былъ бы соединенъ съ болѣе чѣмъ съ 4 объемами водорода. Мы должны поэтому считать болотный газъ соединеніемъ, самымъ богатымъ содержаніемъ водорода, точно такъ какъ хлористоводородную кислоту мы должны считать соединеніемъ самымъ бѣднымъ содержаніемъ водорода; между этими двумя крайними членами вода и амміакъ представляютъ переходныя ступени. Эти отношенія представлены въ слѣдующихъ формулахъ:

Хлористоводородная кислота	HCl	= 2	об.
Вода	H_2O	= 2	»
Амміакъ	H_3N	= 2	»
Болотный газъ	H_4C	= 2	»

Теперь намъ остается еще разсмотрѣть болотный газъ въ его роли типическаго соединенія водорода относительно другихъ соединеній.

Чтобы поднять болотный газъ до значенія типическаго соединенія, намъ, конечно, нужно доказать существованіе нѣкоторыхъ другихъ соединеній водорода, въ которыхъ водородъ соединенъ съ элементами, сходными съ углеродомъ, такимъ образомъ, что соединяющіеся вѣса этихъ элементовъ сжаты съ 4 объемами водорода въ 2 объема соединенія.

До сихъ поръ извѣстно лишь одно соединеніе водорода, сход-

ное съ болотнымъ газомъ, — да и это соединенiе, открытое лишь недавно, еще не вполнѣ изслѣдовано. Мы говоримъ о соединенiи водорода съ кремнiемъ, составъ котораго, по произведеннымъ до сихъ поръ опытамъ, можетъ быть выраженъ слѣдующимъ образомъ:

$$\left.\begin{array}{|c|}\hline H \\ \hline\end{array}\;\begin{array}{|c|}\hline H \\ \hline\end{array}\;\begin{array}{|c|}\hline H \\ \hline\end{array}\;\begin{array}{|c|}\hline H \\ \hline\end{array}\right\} + \boxed{Si} = \boxed{H_4Si}$$

или, оставляя квадраты:

$$4H + Si = H_4Si,$$

гдѣ Si (= 28,5) представляетъ вѣсъ, которымъ кремнiй входитъ въ соединенiе.

Что кремнiй дѣйствительно соединяется съ водородомъ въ указанномъ отношенiи, получаетъ еще бóльшую вѣроятность въ томъ обстоятельствѣ, что аналогiя соединенiй углерода и кремнiя съ другими элементами не подлежитъ никакому сомнѣнiю. Подобныя соображенiя даютъ намъ право ожидать открытiя соединенiй водорода съ титаномъ и оловомъ одинаковаго состава съ кремнистымъ водородомъ, которыя поэтому также подойдутъ подъ типъ болотнаго газа. Эта на половину уже извѣстная, на половину еще не открытая группа соединенiя водорода будетъ отличаться отъ разсмотрѣнныхъ нами до сихъ поръ соединенiй водорода еще тѣмъ обстоятельствомъ, что элементы соединенные съ водородомъ, въ принадлежащихъ къ ней членахъ, также не переходятъ въ газообразное состоянiе. Дѣйствительно, кремнiй также огнепостояненъ какъ углеродъ,—потому гипотетически принятый вѣсъ его въ 2 объемахъ его соединенiя съ водородомъ также представленъ въ нашемъ равенствѣ, выражающемъ отношенiя объемовъ, пунктированнымъ квадратомъ.

*

Ограниченный кругъ разсмотрѣнныхъ до сихъ поръ явленій приводитъ насъ уже къ общимъ понятіямъ. Экспериментальное изслѣдованіе небольшаго числа веществъ привело насъ къ отличенію простыхъ отъ сложныхъ тѣлъ. Съ познаніемъ этого различія раскрылась намъ сущность химическаго соединенія, въ противоположность къ механической смѣси, и неизмѣнность отношеній, въ которыхъ элементы соединяются въ сложныя тѣла. Съ расширеніемъ нашего кругозора мы искали языка для яснаго и краткаго выраженія пріобрѣтенныхъ нами познаній, —мы нашли его въ систематическомъ обозначеніи элементовъ и ихъ соединеній буквенными знаками. Настолько наши познанія вытекали изъ опытовъ, которыхъ результаты мы сами наблюдали; но, выходя изъ убѣжденія въ вѣрности опытовъ, произведенныхъ другими, мы могли разсматривать рядъ фактовъ, которыхъ мы не могли такъ же непосредственно подтверждать передъ нашими глазами опытами. Этимъ путемъ мы старались положить основаніе системѣ, въ которой отдѣльные, многочисленные факты находили бы свое надлежащее мѣсто.

Если обзоръ пройденнаго пути не совсѣмъ неудовлетворителенъ, то мы тѣмъ не менѣе не должны забывать, что мы только что начинаемъ нашъ путь. Наши представленія вытекаютъ пока изъ изученія ограниченнаго числа элементовъ и ихъ соединеній; по мѣрѣ того, какъ мы познакомимся съ большимъ рядомъ фактовъ, эти представленія должны будутъ расширяться и очерчиваться строже и яснѣе.

Пока намъ остается однако изучить много, не выходя за предѣла почти исключительно занимавшихъ насъ до сихъ поръ пяти элементовъ: водорода, хлора, кислорода, азота, и углерода. Не надо забывать, что мы до сихъ поръ разсмотрѣли лишь соединенія водорода съ послѣдними четырьмя элементами. Но какъ ни справедливъ нашъ интересъ къ этимъ четыремъ типическимъ соединеніямъ водорода, въ которыхъ мы, повидимому, находимъ главныя основанія нашего зданія, мы должны однако поспѣшить познакомиться еще съ многочисленнымъ рядомъ соединеній, въ составъ которыхъ не входитъ водородъ. Во главѣ этого новаго класса тѣлъ мы находимъ соединенія другъ съ другомъ хлора, кислорода, азота и углерода. Подобное изученіе этой богатой, но

все таки ограниченной группы тѣлъ, служило бы намъ лучшимъ приготовленіемъ къ обозрѣнію всей, почти безграничной области нашего предмета; но для цѣли настоящаго введенія, въ которомъ мы не должны выйти за извѣстные предѣлы, мы должны довольствоваться разсмотрѣніемъ одного предмета изъ упомянутой группы тѣлъ. Мы поэтому приступимъ теперь къ соединеніямъ азота съ кислородомъ.

VII.

Отношенія азота къ кислороду.—Азотная кислота. — Ангидриды,—ихъ составъ,—ихъ разложеніе—нагрѣваніемъ,—металлами, — оловомъ, при образованіи азотноватой кислоты, — серебромъ, при образованіи азотистой кислоты,—мѣдью, при образованіи азотной окиси,—цинкомъ, при образованіи азотистой окиси.—Характеръ этихъ продуктовъ—смѣси ли они или соединенія.—Соединеніе двухъ элементовъ въ различныхъ пропорціяхъ,—законъ простыхъ отношеній.—Отношеніе между объемами соединенія и составныхъ частей; обыкновенныя отношенія и необыкновенны.

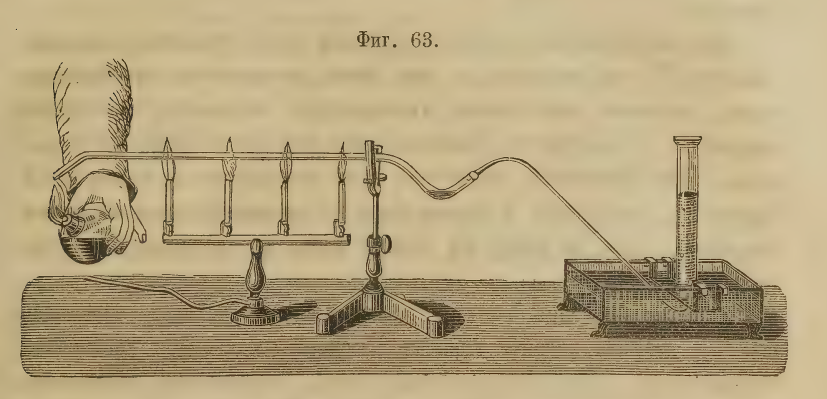
При изученіи соединеній азота съ кислородомъ съ перваго раза обращаетъ на себя наше вниманіе одинъ изъ самыхъ сильныхъ и наиболѣе употребительныхъ реактивовъ, которыми располагаетъ химикъ. Уже много столѣтій извѣстна жидкость, подъ названіемъ Aqua fortis, которая теперь приготовляется въ большихъ размѣрахъ для промышленныхъ цѣлей и извѣстна подъ названіемъ азотной кислоты. Эта жидкость содержитъ вмѣстѣ съ водою соединеніе азота съ кислородомъ; совершенно свободное отъ воды, это соединеніе называютъ безводною азотною кислотою или азотнымъ ангидридомъ. Отдѣленіе этого соединенія отъ воды не такъ легко, какъ отдѣленіе отъ воды хлористоводородной кислоты, которое происходитъ, какъ вы помните, при нагрѣваніи до кипяченія ея раствора. Помощью надлежащихъ средствъ, разсмотрѣніемъ которыхъ мы займемся послѣ, однако удалось совершенно освободить отъ воды азотную кислоту.

Безводная азотная кислота представляетъ бѣлые, плавкіе кристаллы, въ которыхъ анализъ показалъ на 2 объема азота, 5 объемовъ кислорода, или по вѣсу на 28 частей азота 80 частей кислорода. Безводная азотная кислота—весьма непостоянное соединеніе. Уже при слабомъ нагрѣваніи она разлагается на красные

пары, которые большею частью поглощаются при пропусканіи черезъ воду, и безцвѣтный газъ, выходящій при этомъ изъ воды, въ которомъ легко узнать кислородъ.

Азотная кислота такъ легко разлагаема не только въ безводномъ состояній. Обыкновенная водная кислота образуетъ при нагрѣваніи пары, которые при слабомъ краснокалильномъ жарѣ такъ же разлагаются на красные пары, растворимые въ водѣ, и безцвѣтный кислородъ. Фиг. 63 представляетъ аппаратъ, удобный

Фиг. 63.



для производства этого опыта. Азотная кислота нагрѣвается до кипяченія въ запаянномъ и согнутомъ внизъ концѣ стекляной трубки, которой передняя часть накаливается газовыми лампами до температуры, при которой пары азотной кислоты разлагаются. Между этой частью и открытымъ концомъ трубка согнута колѣнообразно. Холодный сгибъ трубки служить для сгущенія неразложенныхъ паровъ азотной кислоты. Отверстіе трубки сообщается съ газоотводною трубкой, которая проводитъ продукты разложенія въ воду, поглощающую красные пары, при чемъ кислородъ можетъ быть собранъ въ цилиндрахъ. При этомъ опытѣ соединеніе изъ 2 объемовъ азота и 5 объемовъ кислорода отдаетъ извѣстную часть своего кислорода, изъ чего слѣдуетъ, что красные пары, какой бы ни былъ ихъ химическій характеръ, во всякомъ случаѣ содержатъ на 2 объема азота менѣе 5 объемовъ кислорода.

Эти красные пары можно выдѣлять изъ азотной кислоты и при обыкновенной температурѣ, подвергая ее дѣйствію извѣстныхъ тѣлъ, которыя, какъ большая часть металловъ, сильно притяги-

ваютъ кислородъ. Олово, серебро, мѣдь и цинкъ производятъ это дѣйствіе при одномъ погруженіи въ кислоту,—при этомъ, какъ при дѣйствіи теплоты, развивается газообразный продуктъ, но безъ примѣси кислорода. Освободившійся прежде кислородъ соединяется въ этомъ случаѣ съ металлами, образуя ихъ окиси. Количество кислорода, отнятаго такимъ образомъ отъ кислоты, измѣняется съ характеромъ металла и съ физическими условіями опыта, особенно съ температурой и степенью разжижженія кислоты.

При благопріятныхъ обстоятельствахъ олово отнимаетъ у азотной кислоты $^1/_5$ ея кислорода, — при этомъ развиваются бурокрасные пары, которые при низкой температурѣ сгущаются въ бурую жидкость и—совершенно освобожденные отъ воды—даже въ бѣлыя иглы. Это соединеніе, извѣстное подъ названіемъ азотноватой кислоты, содержитъ 2 объема азота въ соединеніи съ 4 объемами кислорода, или по вѣсу 28 частей азота въ соединеніи съ 64 частями кислорода.

Подверженная при благопріятныхъ обстоятельствахъ дѣйствію серебра, азотная кислота теряетъ $^2/_5$ своего содержанія кислорода, превращаясь въ желтовато-красные пары, которые при охлажденіи сгущаются въ зелено-голубую жидкость. Это соединеніе извѣстно подъ названіемъ азотистой кислоты; оно содержитъ на 2 объема азота 3 объема кислорода, или по вѣсу на 28 частей азота 48 частей кислорода.

При погруженіи мѣди въ азотную кислоту металлъ соединяется съ $^3/_5$ ея кислорода,—развивается безцвѣтный газъ, содержащій на 2 объема азота 2 объема кислорода, или по вѣсу на 28 частей азота 32 части кислорода. Этотъ газъ, называемый азотною окисью, отличается замѣчательнымъ свойствомъ превращаться въ прикосновеніи съ водородомъ въ желтовато-красные пары, соединяясь съ кислородомъ воздуха, для образованія азотистой кислоты.

Наконецъ отъ дѣйствія цинка, при надлежащемъ веденіи опыта, азотная кислота лишается $^4/_5$ своего кислорода, развивая безцвѣтный газъ, немного растворенный въ водѣ, который остается безцвѣтнымъ и въ прикосновеніи съ воздухомъ. Этотъ газъ, называемый азотистою окисью и закисью азота, со-

держитъ на 2 объема азота, 1 объемъ кислорода, или по вѣсу на 28 частей азота 16 частей кислорода.

Такимъ образомъ въ этихъ опытахъ мы познакомились не меньше какъ съ пятью различными соединеніями азота и кислорода, которыхъ составъ по объему и вѣсу представленъ въ слѣдующей таблицѣ.

	Составъ			Формулы.
	По объему.		По вѣсу.	
	Азотъ.	Кислородъ.	Азотъ. Кислородъ.	
Азотистая окись . .	2 об.	+ 1 об.	$14 \times 2 = 28 + 16$	N_2O
Азотная окись . . .	2 об.	+ 2 об.	„ $28 + 16 \times 2 = 32$	N_2O_2
Азотистая кислота .	2 об.	+ 3 об.	„ $28 + 16 \times 3 = 48$	N_2O_3
Азотноватая кислота	2 об.	+ 4 об.	„ $28 + 16 \times 4 = 64$	N_2O_4
Азотная кислота . .	2 об.	+ 5 об.	„ $28 + 16 \times 5 = 80$	N_2O_5

При внимательномъ разсмотрѣніи этого замѣчательнаго ряда соединеній насъ прежде всего поражаетъ ихъ разнообразіе сравнительно съ незначительнымъ числомъ соединеній, полученныхъ прежними опытами.

До сихъ поръ мы познакомились лишь съ однимъ химическимъ соединеніемъ водорода и хлора, водорода и кислорода, водорода и азота, между тѣмъ какъ мы можемъ получать механическія смѣси этихъ газовъ въ какомъ угодно отношеніи. Мы поэтому оставались въ предѣлахъ нашего знанія, когда мы выразили прежде различіе между химическимъ соединеніемъ и механическою смѣсью такимъ образомъ, что въ химическомъ соединеніи элементы соединены въ одномъ неизмѣнномъ отношеніи, между тѣмъ какъ въ механической смѣси они могутъ находиться въ какомъ угодно отношеніи.

Но въ виду явленій, съ которыми мы сейчасъ познакомились, мы очевидно не можемъ больше удержать это опредѣленіе. Если разсмотрѣнныя нами сейчасъ пять тѣлъ суть химическія соединенія, а не механическія смѣси, то наше прежнее опредѣленіе химическаго соединенія должно быть измѣнено и расширено такимъ образомъ, чтобы оно обнимало и эти тѣла. Въ самомъ дѣлѣ мы имѣемъ несомнѣнныя доказательства, что эти тѣла—дѣйствительныя химическія соединенія. Эти доказательства состоятъ въ опредѣленности ихъ состава и въ существенномъ различіи между

ними и ихъ элементарными составными частями, относительно свойствъ и характера. Азотъ и кислородъ — безцвѣтные газы, нерастворимые въ водѣ, которыхъ нельзя сгустить въ жидкости и еще менѣе въ твердыя тѣла. Между тѣмъ безводная азотная кислота и азотноватая кислота сгущаются при низкой температурѣ въ твердыя тѣла; азотистая кислота сгущается при низкой температурѣ въ зелено-голубую жидкость, азотистая окись принимаетъ буро-красный цвѣтъ въ прикосновеніи съ воздухомъ, а азотистая окись гораздо легче растворяется въ водѣ, чѣмъ его составныя части. Такимъ образомъ очевидно, что эти тѣла не механическія смѣси, а дѣйствительныя химическія соединенія азота съ кислородомъ, и мы поэтому необходимо приходимъ къ весьма важному заключенію, что два элемента могутъ соединяться во многихъ отношеніяхъ, въ дѣйствительныя химическія соединенія, отличныя другъ отъ друга и отъ ихъ элементарныхъ составныхъ частей. Различіе между механическою смѣсью и химическимъ соединеніемъ не теряетъ отъ этого своей строгой ясности. Въ механическихъ смѣсяхъ элементы могутъ быть смѣшаны по произволу въ безконечно разнообразныхъ отношеніяхъ, въ химическихъ соединеніяхъ элементы соединяются лишь въ немногихъ отношеніяхъ, и если два элемента образуютъ другъ съ другомъ нѣсколько химическихъ соединеній, то эти соединенія находятся въ простыхъ отношеніяхъ между собою. Такимъ образомъ на одной сторонѣ мы имѣемъ ограниченное, на другой — безграничное разнообразіе; на одной сторонѣ строго опредѣленныя, на другой — совершенно произвольныя отношенія. Возможныя смѣси азота и кислорода — безчисленны; найденныхъ соединеній этихъ двухъ элементовъ всего пять; 2 объема азота химически соединяются, какъ мы видѣли, съ 1, 2, 3, 4 или 5 объемами кислорода, а не въ какомъ другомъ отношеніи. И если намъ когда-нибудь удастся произвести еще дѣйствительныя соединенія азота съ кислородомъ, то все наше химическое знаніе убѣждаетъ насъ въ томъ, что и въ этихъ соединеніяхъ элементы будутъ находиться въ такихъ же простыхъ отношеніяхъ.

Изученіе соединеній азота съ кислородомъ ведетъ насъ еще къ одному положенію крайней важности. Не только число этихъ соединеній ограничено, но и отдѣльныя соединенія, по своему

составу, находятся въ самыхъ простыхъ отношеніяхъ другъ къ другу. Эта простота отношеній видна съ перваго взляда на объемы соединеній азота и кислорода въ предъидущей таблицѣ. Объемы кислорода, соединенные съ 2 объемами азота, возрастаютъ въ простыхъ кратныхъ числахъ наименьшаго объема кислорода; второе и слѣдующія соединенія содержатъ объемы кислорода—вдвое, втрое, вчетверо и впятеро больше объема кислорода перваго соединенія. Въ этомъ ряду нѣтъ произвола какъ въ ряду механическихъ смѣсей. Между тѣмъ какъ количество азота остается постояннымъ во всѣхъ соединеніяхъ, количества кислорода возрастаютъ въ извѣстномъ отношеніи. Въ предъидущей таблицѣ это возрастаніе въ извѣстномъ отношеніи по объему и по вѣсу выражено отдѣльно въ двухъ столбцахъ, между тѣмъ какъ формулы въ третьемъ столбцѣ таблицы выражаютъ эти отношенія вмѣстѣ по объему и по вѣсу.

Эти факты, съ которыми мы познакомились при изученіи одного ряда соединеній, раскрываютъ намъ одинъ изъ самыхъ важныхъ и общихъ законовъ химіи, обнимающій всѣ соединенія, простыя и сложныя, и связывающій такимъ образомъ самыя простыя и сложныя явленія.

Соединенія хлора съ кислородомъ представляютъ рядъ, сходный съ разсмотрѣннымъ сейчасъ рядомъ соединеній азота съ кислородомъ, между тѣмъ какъ водородъ и кислородъ, которыхъ пока извѣстно намъ лишь одно соединеніе—вода, образуютъ еще одно соединеніе—перекись водорода, въ которой съ даннымъ количествомъ водорода соединено вдвое больше кислорода, чѣмъ въ водѣ.

Изъ этихъ данныхъ не слѣдуетъ однако необходимость соединенія двухъ элементовъ въ болѣе чѣмъ одномъ отношеніи. Мы знаемъ только одно соединеніе водорода съ хлоромъ въ томъ отношеніи, въ какомъ они образуютъ хлористоводородную кислоту; точно также до сихъ поръ получено лишь одно соединеніе водорода съ азотомъ—амміакъ.

Составъ пяти соединеній азота съ кислородомъ, которымъ мы уже обязаны такимъ существеннымъ расширеніемъ нашихъ знаній, возбуждаетъ наше вниманіе и въ другомъ отношеніи. Принятіе постояннаго количества азота, по объему и вѣсу, во всѣхъ

этихъ соединеніяхъ очень удобно для яснаго выраженія правильнаго возрастанія количества кислорода, отъ начала до конца ряда этихъ соединеній. Но съ другой стороны этотъ способъ выраженія представляетъ то неудобство, что онъ лишаетъ двухъ соединеній нашего ряда возможно простаго выраженія. Съ перваго взгляда на формулы:

$$N_2O \quad N_2O_2 \quad N_2O_3 \quad N_2O_4 \quad N_2O_5$$

ясно, что второе и четвертое соединенія, N_2O_2 (азотная окись) и N_2O_4 (азотноватая кислота), могутъ быть выражены проще, раздѣляя ихъ формулы на 2. Формулы:

$$\frac{N_2O_2}{2} = NO \quad \text{и} \quad \frac{N_2O_4}{2} = NO_2$$

очевидно самыя простыя выраженія для азотной окиси и азотноватой кислоты. Введеніемъ этой измѣненной формы получаемъ слѣдующій рядъ формулъ пять соединеній азота съ кислородомъ:

$$N_2O \quad NO \quad N_2O_3 \quad NO_2 \quad N_2O_5$$

Но упрощеніе не единственное преимущество этого измѣненія формулъ. Разсматривая объемы соединеній или производные объемы, выражаемые обѣими формулами, раздѣленными на 2, оказывается, что эти объемы совершенно совпадаютъ съ производнымъ объемомъ выражаемымъ формулой N_2O перваго члена ряда соединеній азота съ кислородомъ; далѣе оказывается, что эти производные объемы совпадаютъ съ нормальнымъ производнымъ объемомъ нашихъ типическихъ соединеній водорода, хлористоводородной кислоты, воды, амміака и болотнаго газа. Во всѣхъ этихъ случаяхъ производные объемы вдвое больше одного объема водорода, принятаго за единицу сравненія. Другими словами, соединенія азота съ кислородомъ, въ объемныхъ отношеніяхъ, выражаемыхъ формулами N_2O, NO и NO_2, представляютъ не только одинаковые объемы, но эти объемы совершенно совпадаютъ съ объемомъ хлористоводородной кислоты, воды, амміака и болотнаго газа, выражаемымъ формулами HCl, H_2O, H_3N и H_4C.

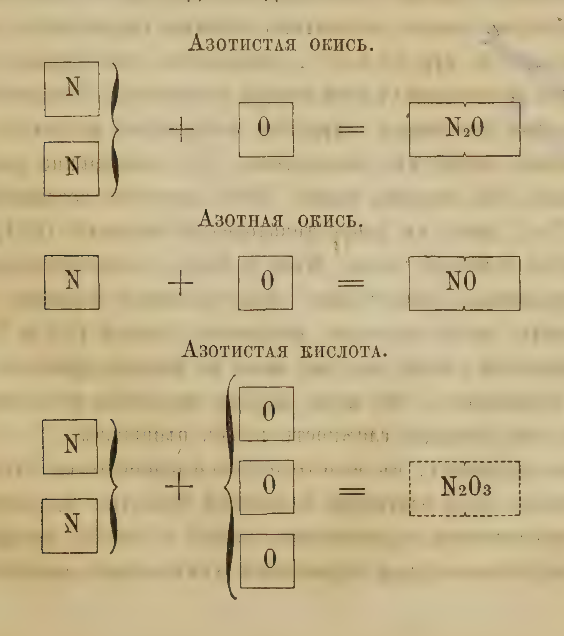
Такимъ образомъ оказывается, что изъ пяти членовъ ряда соединеній азота съ кислородомъ не менѣе трехъ сжимаются въ

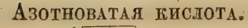
объемъ, одинаковый съ объемомъ нашихъ типическихъ соединеній водорода,—и мы поэтому вправѣ спросить, соотвѣтствуютъ ли два другіе члена—соединенія N_2O_3 и N_2O_5—тому же закону сжатія. Изслѣдованія, пока для насъ недоступныя, даютъ намъ право ожидать утвердительный отвѣтъ на этотъ вопросъ,—но особеннаго рода трудности сдѣлали до сихъ поръ невозможнымъ рѣшеніе этого вопроса опытомъ.

При настоящемъ состояніи нашихъ знаній мы должны поэтому отличать первый, второй и четвертый члены ряда соединеній азота съ кислородомъ отъ его третьяго и пятаго членовъ, такъ какъ производные объемы первыхъ членовъ опредѣлены опытомъ, между тѣмъ какъ о производныхъ объемахъ послѣднихъ членовъ мы можемъ заключать лишь по аналогіи.

При графическомъ представленіи нашихъ пяти соединеній мы обозначаемъ производные объемы азотистой и азотной кислотъ, которые должны быть опредѣлены еще опытомъ, пунктированными линіями, которыми мы уже нѣсколько разъ выражали подобныя сомнѣнія.

Объемное строеніе ряда соединеній азота съ кислородомъ.





Азотноватая кислота.

$$\boxed{N} + \left\{\begin{matrix}\boxed{O}\\ \boxed{O}\end{matrix}\right. = \boxed{NO_2}$$

Азотная кислота.

$$\left.\begin{matrix}\boxed{N}\\ \boxed{N}\end{matrix}\right\} + \left\{\begin{matrix}\boxed{O}\\ \boxed{O}\\ \boxed{O}\\ \boxed{O}\\ \boxed{O}\end{matrix}\right. = \boxed{N_2O_5}$$

Сравнивая отношенія сжатія, представленныя на этой таблицѣ, съ отношеніями сжатія элементовъ нашихъ типическихъ соединеній водорода (см. стр. 62 и 97), оказывается, что первый и второй членъ ряда занимающихъ насъ теперь соединеній, —соединенія N_2O и NO_2, —хотя по своему строенію совершенно различны, однако относительно сжатія ихъ элементовъ ($^2/_3$) совершенно сходны съ водой (H_2O). Во второмъ членѣ (NO) элементы соединены безъ сжатія ($^1/_1$), какъ въ хлористоводородной кислотѣ (HCl). Наконецъ третій и пятый члены, N_2O_3 и N_2O_5, —если подтвердится наше предположеніе относительно ихъ объемнаго строенія, будутъ представлять менѣе простыя отношенія сжатія ($^2/_5$ и $^2/_7$). Такихъ отношеній сжатія мы еще пока не видѣли примѣра, но замѣтимъ мимоходомъ, что намъ хорошо извѣстны многочисленные примѣры еще большей сложности этихъ отношеній.

Такимъ образомъ, съ необходимыми ограниченіями относительно объемнаго вѣса азотистой и азотной кислоты, мы можемъ выразить слѣдующимъ образомъ наше знаніе о сжатіи, которому элементы подвергаются при образованіи химическихъ соединеній:

Объемный составъ и сжатіе химическихъ соединеній двухъ элементовъ.

Составныя части.	Соединенія.	Отношенія сжатія.
1 об. + 1 об.	= 2 об.	1
1 об. + 2 об.	= 2 об.	$^2/_3$
1 об. + 3 об.	= 2 об.	$^1/_2$
2 об. + 3 об.	= 2 об.	$^2/_5$
2 об. + 5 об.	= 2 об.	$^2/_7$

VIII.

Переходъ отъ отвлеченныхъ къ конкретнымъ вѣсамъ и объемамъ.—Необходимость выбора мѣръ вѣса и объема за единицу для выраженія конкретныхъ величинъ. — Трудность этого выбора по недостатку общепринятой системы мѣры и вѣса. — Метрическая система,—ея основанія,—сравненіе съ нѣмецкою и англійскою системами. — Вѣсъ одного метра водорода или критъ. — Объемные вѣса элементовъ и ихъ соединеній, выражаенные въ критахъ, представляютъ абсолютный вѣсъ 1 литра газа при 0°Ц. и 0м·76 давленія.

При изученіи отношеній объема и вѣса, въ которыхъ элементы соединяются въ сложныя тѣла, мы до сихъ поръ говорили объ отношеніи всѣхъ тѣлъ къ водороду какъ къ единицѣ, не усложняя нашего дѣла выборомъ объема опредѣленной величины, котораго вѣсъ могъ бы служить для сравненія между собою различныхъ тѣлъ.

Но мы не можемъ откладывать больше этотъ выборъ, который долженъ дать нашимъ до сихъ поръ нѣсколько абстрактнымъ формуламъ болѣе конкретное, слѣдовательно и болѣе практическое значеніе. Тутъ то представляется вопросъ, какая изъ многочисленныхъ, употребительныхъ системъ мѣры и вѣса можетъ всего удобнѣе служить для нашей цѣли? Въ виду этого вопроса намъ необходимо оставить на время предметъ нашего непосредственнаго изученія. При разрѣшеніи этого вопроса мы встрѣчаемся со всею силой препятствій, представляемыхъ обработкѣ и распространенію науки недостаткомъ общепринятой всѣми образованными народами системъ мѣры и вѣса. Вмѣсто такой общей системы существуетъ еще теперь множество разнообразныхъ системъ мѣры и вѣса, различныхъ въ каждой странѣ и каждой отрасли промышленности, даже различныхъ въ отдѣльныхъ провинціяхъ и городахъ. Единицы мѣры и вѣса до того разнообразны, что ихъ

подробное разсмотрѣніе занимаетъ цѣлые тома, а происходящая отъ этого запутанность усложняется еще тѣмъ обстоятельствомъ, что общія многимъ странамъ названія мѣры и вѣса, какъ фунтъ, футъ и пр., тѣмъ не менѣе имѣютъ въ различныхъ странахъ и мѣстахъ различныя значенія.

Едва ли можно преувеличить дѣло, говоря о затрудненіяхъ, представляемыхъ этой запутанностію мѣры и вѣса собиранію и сравненію результатовъ, полученныхъ разными народами, или статистическихъ данныхъ относительно разныхъ странъ. Эти затрудненія чисто формальныя, но они мѣшаютъ многимъ серьезнымъ стремленіямъ и важнымъ обобщеніямъ, потому что не даютъ возможности расширить для нихъ фактическія основанія,—основанія всякой истинной науки.

Сравнительное сопостановленіе изслѣдованій въ трехъ, четырехъ странахъ, какъ Россіи, Германіи, Франціи и Англіи, въ которыхъ существуютъ различныя системы мѣры и вѣса, требуетъ уже значительной потери времени и силы; очень жаль этой потери, когда ее дѣлаютъ, но еще болѣе жаль, когда ее не дѣлаютъ, такъ что—какъ это часто бываетъ—данныя одной страны остаются запечатанной книгой для мыслителей другой.

Но мы не можемъ заниматься здѣсь больше этими недостатками; уже бѣглое указаніе на нихъ—отступленіе отъ настоящаго предмета нашего изслѣдованія. Мы можемъ только выразить желаніе, чтобы общимъ принятіемъ одной системы мѣры и вѣса по возможности скорѣе положенъ былъ конецъ настоящей запутанности.

Мы такимъ образомъ приходимъ къ вопросу, какая изъ употребительныхъ системъ мѣры и вѣса болѣе удобна для общаго принятія? Другими словами,—чтобы опять перейти къ нашему предмету,—изъ какой системы намъ всего удобнѣе заимствовать наши единицы мѣры и вѣса, чтобы придать конкретныя значенія нашимъ абстрактнымъ знакамъ и формуламъ?

Не смотря на различіе мнѣній по этому вопросу, мы прямо рѣшаемъ его въ пользу французской метрической системы. Простота и возможная полнота этой системы обезпечили за нею признаніе ученаго міра, и уже во многихъ странахъ она стала законною системою мѣры во вседневной жизни. Нельзя не замѣ-

тить, что общественное мнѣніе большей части образованныхъ народовъ Европы все болѣе и болѣе склоняется въ пользу этой системы; это настроеніе не можетъ оставаться безъ вліянія на рѣшеніе вопроса, котораго настоящая цѣль—единство и общность.

Я хочу поэтому предложить вамъ теперь краткій очеркъ французской системы мѣры и вѣса, которая обѣщаетъ сдѣлаться со временемъ всемірною системой и которою мы будемъ пользоваться при нашихъ изслѣдованіяхъ.

Французская метрическая система, во всѣхъ ея примѣненіяхъ для опредѣленія длины, плоскости, пространства и вѣса, имѣетъ въ своемъ основаніи одну линейную единицу, заимствованную изъ самой простой и возвышенной науки — астрономіи. Эта линейная единица — 1/40,000,000 меридіана нашей земли; она получила простое названіе метра (отъ греческаго μετρον — мѣра). Изъ этой одной величины, какъ изъ общаго корня, развѣтвляется вся французская система мѣры и вѣса, справедливо названная метрической системой. Раздѣленіе и умноженіе метра на 10, 100, 1000 и т. д. даетъ всевозможныя линейныя величины,—отъ величинъ, въ которыхъ выражаютъ результаты самаго тонкаго микроскопическаго изслѣдованія, до величинъ, употребляемыхъ астрономомъ для измѣренія небеснаго свода и путей звѣздъ. Безъ сомнѣнія, мысль, лежащая въ основаніи этой новой французской системы мѣры и вѣса, столь же счастлива, какъ и величественна; она дала этой системѣ уже въ самомъ началѣ такой общій характеръ, что изъ нея можно было вывести по самому простому закону цѣлый рядъ единицъ мѣры, строго отличающихся другъ отъ друга по своему значенію и обозначенію, но тѣмъ не менѣе тѣсно связанныхъ между собою своею непосредственною сравнимостью и дающихъ надлежащія выраженія для всѣхъ самыхъ малыхъ и большихъ величинъ измѣренія.

Подобно тому какъ десятичнымъ увеличеніемъ и уменьшеніемъ линейнаго метра получаются всевозможныя мѣры длины, такъ и квадратный метръ, десятичнымъ умноженіемъ и дѣленіемъ, даетъ всевозможныя мѣры для плоскости, отъ едва замѣтнаго дѣленія на микрометрѣ физика до квадратовъ на картѣ землемѣра и до еще большихъ квадратныхъ мѣръ, въ которыхъ географъ опредѣляетъ пространство материковъ.

Такимъ образомъ кубическій метръ, десятичнымъ дѣленіемъ и умноженіемъ, даетъ намъ цѣлую скалу для измѣренія объемовъ,—другими словами, онъ даетъ намъ различныя единицы для измѣренія пространства, пустаго или наполненнаго. Помножая кубическій метръ на милліонъ, мы получаемъ единицу мѣры для выраженія напр. емкости океана и его содержанія воды. Раздѣляя кубическій метръ на милліонъ, мы получаемъ объемную единицу мѣры, по своей величинѣ приблизительно равную костяному кубу игрока.

Этотъ то именно объемъ,—одна милліоная кубическаго метра,—наполненный перегнанной водой, даетъ намъ въ французской системѣ единицу вѣса, граммъ,— переходъ, столь же удивительный по своей простотѣ, какъ и полезный по своимъ примѣненіямъ! Такимъ образомъ въ этой системѣ измѣреніе матеріи по объему п вѣсу идетъ рука объ руку, а выраженіе обоихъ этихъ значеній сродными числами даетъ возможность ихъ прямаго сравненія, облегчая такимъ образомъ рѣшеніе множества теоретическихъ и практическихъ задачъ.

Десятичное дѣленіе и умноженіе грамма даетъ намъ въ этой простой и величественной системѣ цѣлую скалу единицъ вѣса. Одна милліонная часть грамма не можетъ произвести дѣйствіе на самые тонкіе вѣсы, милліонъ граммовъ представляетъ единицу вѣса для тяжелыхъ грузовъ; съ тысячными частями грамма работаетъ химикъ, тысяча граммовъ представляетъ единицу вѣса мелкой торговли и промышленности. При опредѣленіи вѣса какого нибудь небеснаго тѣла астроному стоитъ только увеличивать десятичнымъ умноженіемъ милліонъ граммовъ, чтобы получитъ единицу вѣса, удобную для его цѣлей. Такимъ образомъ въ этой системѣ мѣры и вѣса возможно прямое сравненіе дѣйствій небесныхъ тѣлъ съ колебаніемъ вѣсовъ, на которыхъ химикъ взвѣшиваетъ свои вещества для анализа.

Послѣ этого общаго очерка метрической системы обратимся на короткое время къ ея частностямъ, особенно къ принципу ея номенклатуры.

Въ своемъ родѣ принципъ номенклатуты этой системы столь же простъ и удивителенъ, какъ и сама система. Стоитъ только удержать въ памяти названія единицъ длины, плоскости, объема

*

и вѣса, затѣмъ запомнить, что десятичное умноженіе этихъ единицъ выражается въ этой системѣ приставленіемъ греческихъ числительныхъ именъ, десятичное дѣленіе—приставленіемъ латинскихъ числительныхъ именъ. Изъ этихъ простыхъ элементовъ и состоитъ вся система.

Греческія приставныя числительныя имена для 10, 100 и 1000 суть дека, гекто и кило.

Латинскія приставныя числительныя имена для 10, 100, и 1000 суть деци (деси), центи (санти) и милли.

Помножимъ и раздѣлимъ единицу длины, метръ, на 10, 100 и 1000, и построимъ для полученныхъ такимъ образомъ мѣръ ихъ названія, по изложенному нами принципу номенклатуры.

Десятичнымъ умноженіемъ получаемъ слѣдующій рядъ:

Мѣры длины.

Единица — 1 метръ.

1. Многократныя метра.

		Метры.
Метръ	=	1
Декаметръ	=	10
Гектометръ	=	100
Километръ	=	1000

Десятичнымъ дѣленіемъ получаемъ второй рядъ:

2. Части метра.

		Метръ.			
Метръ	=	1			
Десиметръ	=	0,1	или	$^1/_{10}$	метра.
Сантиметръ	=	0,01	«	$^1/_{100}$	«
Миллиметръ	=	0,001	«	$^1/_{1000}$	«

Такимъ образомъ въ ряду съ приставными греческими числительными именами мы получаемъ удобныя названія для 10, 100 и 1000 единицъ мѣры, между тѣмъ, какъ въ ряду съ латинскими числительными именами получимъ простыя названія для $^1/_{10}$, $^1/_{100}$ и $^1/_{1000}$ нашей единицы.

Изъ перваго ряда особенно употребительны первый и послѣдный членъ (метръ и километръ)—первый для цѣлей, для которыхъ у насъ обыкновенно употребляютъ аршинъ, послѣдній для измѣренія дорогъ, вмѣсто версты, мили. Оба средніе члена этого

ряда употребляются довольно рѣдко. Напротивъ того всѣ члены втораго ряда въ постоянномъ употребленіи, вмѣсто фута, дюйма и пр.

Другія мѣры, — мѣры плоскостей, объемовъ и вѣса, — построены такимъ же образомъ; въ каждомъ отдѣльномъ случаѣ восходятъ или нисходятъ отъ данной единицы.

Для измѣренія значительныхъ пространствъ земли квадратъ метра былъ бы слишкомъ малою единицей; потому въ этихъ случаяхъ единицей служитъ квадратъ декаметра, т. е. квадратъ, котораго каждая сторона = 10 метрамъ, котораго плоскость поэтому = 10 × 10 = 100 квадратнымъ метрамъ. Эта единица получила названіе а р ъ. Приставляя къ этой единицѣ греческія и латинскія числительныя имена, получаемъ два ряда мѣръ.

Мѣры плоскостей (большая скала).

Единица — 1 аръ.

1. Многократныя ара.

	Аръ.	Квад. метры.
Аръ	= 1	= 100
Декаръ	= 10	= 1000
Гектаръ	= 100	= 10000
Киларъ	= 1000	= 100000

1. Части ара.

	Аръ.	Квад. метры.
Аръ	= 1	= 100
Десіаръ	= 0,1	= 10
Сантіаръ	= 0,01	= 1
Милліаръ	= 0,001	= 0,1

Изъ этихъ мѣръ наиболѣе употребителенъ аръ и гектаръ.

Сантіаръ этого ряда совпадаетъ съ квадратнымъ метромъ, который съ своими десятичными дѣленіями употребляется для измѣренія маленькихъ плоскостей.

Мѣры плоскостей (малая скала).

Единица — 1 квадратный метръ.

3. Части квадратнаго метра.

	Квадр. метр.
Квадратный метръ	= 1
Квадратный десиметръ	= 0,01
Квадратный сантиметръ	= 0,0001
Квадратный миллиметръ	= 0,000001

Единицею мѣры объемовъ и емкостей служатъ, смотря по случаю, кубическій десиметръ или кубическій метръ. Кубическій десиметръ получилъ названіе литра (отъ λίτρα, греческаго названія мѣры). Литръ даетъ слѣдующіе ряды:

Мѣры объемовъ и емкостей (малая скала).

1. Многократныя литра.

		Литръ.
Литръ	=	1
Декалитръ	=	10
Гектолитръ	=	100
Килолитръ	=	1000

2. Части литра.

		Литры.			
Литръ	=	1			
Десилитръ	=	0,1	или	1/10	литра.
Сантилитръ	=	0,01	»	1/100	»
Миллилитръ	=	0,001	»	1/1000	»

Приведенныя въ этихъ двухъ рядахъ мѣры употребляются для жидкихъ и твердыхъ тѣлъ (винъ, зернъ и пр.);—всѣ онѣ болѣе или менѣе употребительны. Наибольшій членъ этихъ двухъ рядовъ, килолитръ, совпадаетъ съ кубическимъ метромъ, единицею большой скалы объемныхъ мѣръ. Наименьшій членъ этихъ рядовъ, совпадаетъ съ кубическимъ сантиметромъ, — названіе болѣе употребительное.

Мѣры объемовъ и емкостей (большая скала).

Единица — 1 кубическій метръ.

1. Многократныя кубическаго метра.

		Куб. метры.
Кубическій метръ	=	1
Кубическій декаметръ	=	1,000
Кубическій гектометръ	=	1,000,000
Кубическій километръ	=	1,000,000,000

2. Части кубическаго метра.

		Куб. метръ.
Кубическій метръ	=	1
Кубическій десиметръ	=	0,001
Кубическій сантиметръ	=	0,000,001
Кубическій миллиметръ	=	0,000,000,001

Кубическій метръ — обыкновенная мѣра для дровъ; при этомъ онъ получаетъ названіе стеръ (отъ греческаго στερεός твердый). Стеръ можно опять дѣлить и умножать на 10, 100 и 1000, образуя опять названія получаемыхъ такимъ образомъ мѣръ, помощью приставки греческихъ и латинскихъ числительныхъ именъ. Впрочемъ одинъ только членъ получаемаго при этомъ ряда мѣръ, десиметръ = 0,1 стера, вошелъ въ употребленіе.

Теперь намъ остается бросить взглядъ на мѣры вѣса французской системы.

Исходною точкою мѣръ вѣса французы выбрали вѣсъ кубическаго сантиметра (миллилитра) перегнанной воды, при температурѣ 4° Ц., при которой вода имѣетъ наибольшую плотность. Этотъ вѣсъ получилъ названіе граммъ, отъ греческаго γράμμα, названія маленькой мѣры вѣса въ Греціи. Слово γράμμα происходитъ отъ γράφω — я пишу; оно, можетъ быть, обязано своимъ употребленіемъ для сказанной цѣли тому обстоятельству, что на гирькахъ написаны были ихъ значенія. Помощью греческихъ и латинскихъ числительныхъ именъ получаются слѣдующіе два ряда мѣръ вѣса.

Мѣры вѣса.

Единица — 1 граммъ.

1. Многократныя грамма.

		Граммъ.
Граммъ	=	1
Декаграммъ	=	10
Гектограммъ	=	100
Килограммъ	=	1000

2. Части грамма.

		Граммъ.		
Граммъ	=	1		
Десиграммъ	=	0,1	или 1/10	грамма
Сантиграммъ	=	0,01	» 1/100	»
Миллиграммъ	=	0,001	» 1/1000	»

Всѣ члены втораго ряда постоянно употребляются химикомъ; изъ членовъ перваго ряда употребляются во вседневной жизни лишь граммъ и килограммъ. Вѣсъ килограмма совпадаетъ съ вѣсомъ литра перегнанной воды при 4° Ц.

Наибольшіе члены нашихъ рядовъ имѣютъ приставку кило.

Можно ихъ еще удесятерить, замѣняя приставку *кило* приставкой числительнаго имени *миріа*. Миріаметръ равняется 10 километрамъ, миріалитръ равняется 10 килолитрамъ и т. д. Но эти большія мѣры рѣдко употребительны,—поэтому мы и не помѣстили ихъ въ нашихъ таблицахъ.

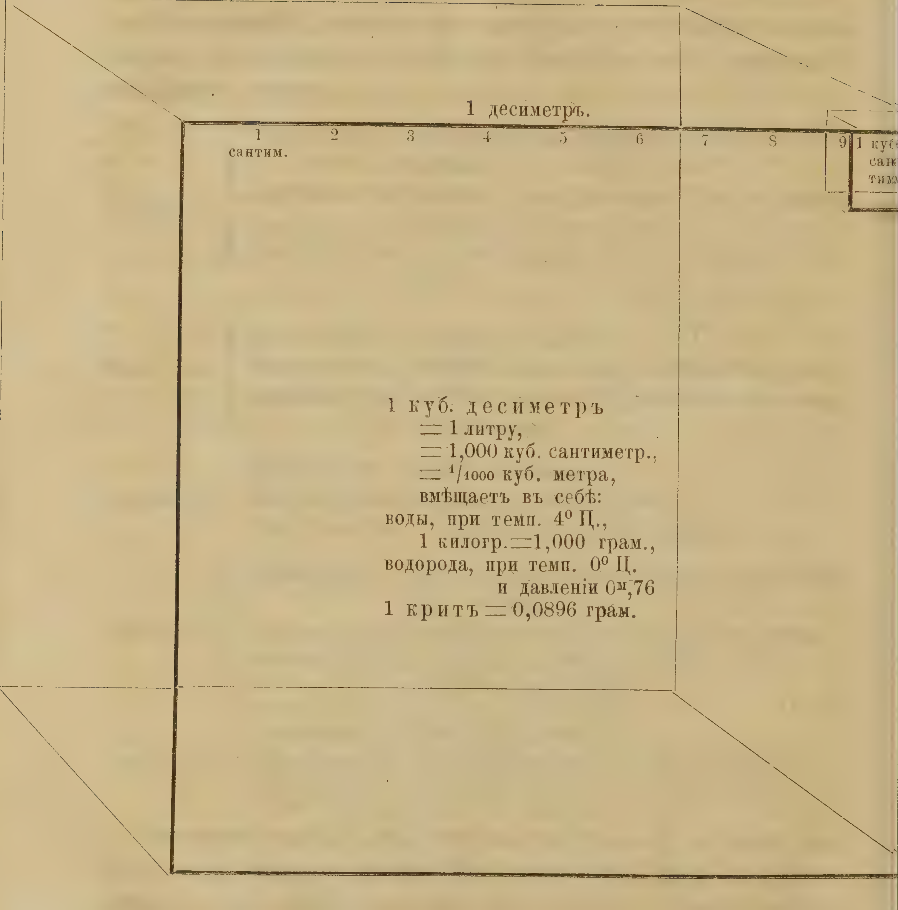
Для сравненія главныхъ единицъ мѣры метровой системы съ мѣрами, употребляемыми въ Россіи, Пруссіи и Англіи, прилагаемъ слѣдующую таблицу:

1 метръ =	Русскія мѣры:	1,4061 аршина, = 3,280899 фута, = 39,37079 дюйма.
	Прусскія мѣры:	1,499387 локтя (Elle) = 3,186199 фута = 38,234388 дюйма.
	Англійск. мѣры:	1,093633 ярда = 3,280899 фута = 39,37079 дюйма.
1 аръ =	Русскія мѣры:	21,968 кв. саженъ.
	Прусскія мѣры:	7,049905 квад. рутъ = 0,039166 моргена.
	Англійск. мѣры:	3,957388 перши = 119,603326 кв. ярдовъ = 0,02471 акра.
1 граммъ =	Русскія мѣры:	2,3465 золотника.
	Прусскія мѣры:	0,06 лота = 0,002 фунта.
	Англійск. мѣры:	15,434 грана = 0,002204 фунта.
1 литръ =	Русскія мѣры:	0,0813 ведра, = 0,3049 гарнца, = 0,00010269 куб. сажени.
	Прусскія мѣры:	0,87336 кварта = 55,893542 куб. дюйма.
	Англійск. мѣры:	0,220096 галлона = 1,760773 пинты = 61,027051 куб. дюйма.
1 стеръ =	Русскія мѣры:	2,78 куб. аршинамъ.
	Прусскія мѣры:	32,34585914 куб. фут. = 3,370869 куб. локтя.
	Англійск. мѣры:	35,316580 куб. фут. = 1,308020 куб. ярда.

Для нашихъ цѣлей насъ особенно интересуютъ единицы объема и вѣса, литръ и граммъ. Мы употребляемъ часто и единицу длины, метръ, выражая имъ высоту барометра, котораго средняя высота = $0^{m},76$.

Послѣ этого отступленія возвратимся опять къ вопросу, подавшему поводъ къ нему, — къ вопросу, какія единицы мѣры и вѣса намъ всего удобнѣе выбрать для сравненія между собою абсолютныхъ вѣсовъ конкретныхъ объемовъ газа.




1 десиметръ.
1
сантим.
2
3
4
5
6
7
8
9
1 куб. десиметръ
= 1 литру,
= 1,000 куб. сантиметр.,
= 1/1000 куб. метра,
вмѣщаетъ въ себѣ:
воды, при темп. 4° Ц.,
1 килогр. = 1,000 грам.,
водорода, при темп. 0° Ц.
и давленіи 0м,76
1 критъ = 0,0896 грам.

къ стр. 12

Намъ всего удобнѣе принять для этой цѣли единицею объема кубическій десиметръ или литръ. На приложенномъ перспективномъ рисункѣ одна сторона — обращенная къ зрителю — кубическаго десиметра представлена въ настоящей величинѣ. Единицею вѣса намъ всего удобнѣе принять вѣсъ кубическаго десиметра или литра водорода, при нормальныхъ условіяхъ температуры и давленія, т. е. при 0° Ц. и $0^m,76$ барометра.

По точнымъ опытамъ вѣсъ литра водорода при означенныхъ условіяхъ равняется 0,0896 грамма. Помощью этого числа, которое мы должны сохранять всегда въ памяти, легко вычислить вѣсъ литра какого нибудь другаго простаго или сложнаго газа, если намъ извѣстенъ его объемный или удѣльный вѣсъ. Для этого стоитъ только помножить удѣльный вѣсъ даннаго газа на 0,0896. Эта нормальная единица вѣса (0,0896) имѣетъ поэтому такое важное значеніе для нашихъ изслѣдованій, что желательно дать ей особенное названіе. Такъ-какъ краткость — во всякомъ случаѣ одно изъ главныхъ требованій при выборѣ новаго названія, то я предложилъ бы назвать вѣсъ одного литра водорода к р и т о м ъ, отъ греческаго слова κριθή, которое значитъ — ячменное зерно и употребляется для обозначенія маленькаго вѣса. Называя такимъ образомъ вѣсъ одного литра водорода критомъ, объемные вѣса другихъ газовъ выражаютъ обсолютные вѣса 1 литра каждаго изъ нихъ въ критахъ.

Мы нашли напр. объемные вѣса хлора, кислорода и азота въ 35,5, 16 и 14, — слѣдовательно 1 литръ этихъ газовъ, при 0° Ц. и $0^m,76$ барометра, вѣситъ 35,5 к р и т о в ъ, 16 к р и т о в ъ и 14 к р и т о в ъ.

Что касается сложныхъ газовъ, то мы помнимъ, что ихъ объемный вѣсъ равняется половинѣ вѣса производнаго объема. Напримѣръ хлористоводородная кислота (HCl) состоитъ изъ 1 об. водорода + 1 об. хлора = 2 об., или по вѣсу изъ $1+35,5 = 36,5$ частей, — откуда ея объемный вѣсъ $= \frac{36,5}{2} = 18,25$. Это число выражаетъ въ к р и т а х ъ вѣсъ 1 литра хлористоводородной кислоты, при 0° Ц. и $0^m,76$ бар.; а такъ какъ 1 критъ = 0,0896 грамма; то вѣсъ 1 литра хлористоводородной кислоты въ граммахъ $= 18,25 \times 0,0896 = 1,6352$.

Два объема водянаго пара (H_2O) состоятъ изъ 2 об. водорода

и 1 об. кислорода, слѣдовательно ихъ вѣсъ $= 2 + 16 = 18$. Отсюда слѣдуетъ, что объемный вѣсъ водянаго пара $= \frac{18}{2} = 9$, т. е. вѣсъ 1 литра водянаго пара, при нормальныхъ условіяхъ температуры и давленія, равняется 9 критамъ или $9 \times 0,0896 = 0,8064$ грамма.

Подобнымъ образомъ вѣсъ производнаго объема сѣрнистаго водорода (H_2S), —состоящаго изъ 2 об. водорода и 1 об. сѣры, — равняется $2 + 32 = 34$. Слѣдовательно объемный вѣсъ сѣроводороднаго газа $= \frac{34}{2} = 17$, т. е. вѣсъ 1 литра сѣроводорода составляетъ 17 критовъ или $17 \times 0,0896 = 1,5232$ грамма.

Тоже самое наконецъ и относительно амміака, H_3N; 2 литра амміака содержатъ 3 литра водорода, которыхъ вѣсъ 3 крита, и 1 литръ азота, котораго вѣсъ 14 критовъ; слѣдовательно вѣсъ 2 литровъ амміака $= 3 + 14 = 17$ критовъ, а вѣсъ 1 литра $= \frac{17}{2} = 8,5$ крита или въ граммахъ, при 0° Ц. и $0^m,76$ бар., $8,5 \times 0,0896 = 0,7616$.

Такимъ образомъ помощью вѣса 1 литра водорода или крита (0,0896) мы съ величайшею легкостію переходимъ отъ абстрактныхъ чиселъ, выражающихъ объемные вѣса данныхъ газовъ, къ дѣйствительнымъ абсолютнымъ вѣсамъ 1 литра этихъ газовъ, при нормальныхъ условіяхъ температуры и давленія.

Извѣстно, что изъ объема, занимаемаго газомъ при нормальныхъ условіяхъ, мы легко выводимъ объемъ его при другихъ условіяхъ температуры и давленія. Объемы газовъ обратно пропорціональны давленіямъ, а съ каждымъ градусомъ возвышенія или пониженія температуры объемъ газовъ увеличивается или уменьшается на извѣстную часть. Простыя формулы, выражающія результаты опытовъ, произведенныхъ надъ зависимостью объема газа отъ температуры и давленія, даютъ намъ возможность вычислять измѣненіе объема при различныхъ температурахъ и давленіяхъ. Если напр. вѣсъ литра какого нибудь газа опредѣленъ при возвышенной температурѣ и уменьшенномъ давленіи, то помощью этихъ формулъ мы можемъ вычислить вѣсъ литра этого газа при 0° Ц. и $0^m,76$ бар.

Эти вычисленія весьма важны для химика, потому что они даютъ ему возможность сравнивать объемные вѣса газовъ тѣлъ, которыя при 0° Ц. и $0^m,76$ бар. дѣйствительно газы, съ объ-

емными вѣсами множества тѣлъ, которыя при этихъ условіяхъ температуры и давленія вовсе не существуютъ въ газообразномъ состояніи. Стоитъ только нагрѣвать эти послѣднія тѣла, жидкія или твердыя, до какой угодно высокой температуры, при которой они переходятъ въ газообразное состояніе,—изъ опредѣленнаго при этихъ условіяхъ вѣса 1 литра такого тѣла мы можемъ вычислить вѣсъ 1 литра при 0° Ц., принимая, что это тѣло можетъ существовать при этой температурѣ въ газообразномъ состояніи.

Вѣрность найденнаго этимъ путемъ объемнаго вѣса можетъ быть подтверждена опытомъ, нагрѣвая водородъ до температуры, необходимой для приведенія въ газообразное состояніе менѣе летучаго тѣла и сравнивая ихъ объемные вѣса при этой температурѣ. Этимъ путемъ мы опредѣляемъ отношеніе вѣса обоихъ тѣлъ прямымъ опытомъ,—оно совпадаетъ съ отношеніемъ, найденнымъ вычисленіемъ объемнаго вѣса жидкаго или твердаго тѣла при 0° Ц., изъ опредѣленія его объемнаго вѣса при высокой температурѣ, и сравненіемъ его съ водородомъ при 0° Ц. Такимъ образомъ сравнивали вѣса одинаковыхъ объемовъ водорода газообразнаго брома и іода, при температурахъ необходимыхъ для приведенія въ газообразное состояніе двухъ послѣднихъ элементовѣ; при этомъ нашли, что эти вѣса относятся между собою какъ 1: 80: 127. Другими словами, въ какой объемъ мы ни расширяли бы литръ водорода, вѣса одинаковыхъ объемовъ газообразнаго брома и іода при тѣхъ же условіяхъ расширенія будутъ представлять 80 и 127 критовъ.

Такимъ же образомъ можно даже вычислить, на основаніи извѣстныхъ предположеній, вѣроятный объемный вѣсъ тѣлъ, которыхъ, какъ напр. углеродъ, до сихъ поръ не удалось привести въ газообразное состояніе ни при какой температурѣ. Мы уже знаемъ, что углеродъ соединяется съ водородомъ въ болотный газъ. По аналогіи извѣстныхъ намъ соединеній, производный объемъ этаго газа можетъ содержать 1 объемъ углерода, — точно такъ какъ производный объемъ хлористоводородной кислоты, воды или аміака содержитъ 1 объемъ хлора, кислорода или азота,—или $^1/_2$ объема углероднаго газа, т. е. углеродный газъ можетъ представлять аномальное отношеніе фосфорнаго и мышьячнаго газовъ, ко-

торые находятся лишь на $^1/_2$ объема въ фосфористомъ и мышьяковистомъ водородѣ. Такъ какъ вѣсъ углерода, соединенный съ 4 литрами = 4 критами водорода въ болотной газъ опредѣленъ анализомъ въ 12 критовъ, то литръ углероднаго газа, при нормальныхъ условіяхъ температуры и давленія, вѣситъ 12 или 14 критовъ, смотря по тому допускаемъ ли мы первую или вторую аналогію. Многіе химики дѣйствительно принимаютъ объемный вѣсъ углероднаго газа въ 12,—но мы не должны забывать, что основаніе этого допущенія—чисто гипотетическое.

При этомъ расширеніи нашего знанія знаки летучихъ элементовъ и формулы ихъ летучихъ соединеній представляютъ для насъ новое значеніе. Эти знаки, какъ мы помнимъ, представляютъ намъ объемные вѣса элементовъ, за исключеніемъ фосфора и мышьяка, которыхъ знаки представляютъ лишь $^1/_2$ ихъ объемныхъ вѣсовъ. Точно также формулы соединеній представляютъ намъ вѣсъ ихъ производныхъ объемовъ. Такимъ образомъ знаки элементовъ выражаютъ намъ въ критахъ вѣсъ 1 литра каждаго изъ нихъ, между тѣмъ какъ формулы соединеній выражаютъ намъ въ критахъ вѣса 2 литровъ каждаго изъ нихъ. Поэтому знаки элементовъ могутъ быть названы одно-литрными, за исключеніемъ знаковъ фосфора и мышьяка, которые представляютъ въ критахъ лишь вѣса $^1/_2$ литра каждаго изъ нихъ, и которые поэтому могутъ быть названы полу-литрными; напротивъ того формулы соединеній могутъ быть всѣ названы двулитрными.

Послѣ этого слѣдующая таблица не требуетъ особеннаго объясненія.

Элементы.

Названія.	Однолитрные знаки.	Вѣсъ 1 литра при 0° Ц. и $0^m,76$ барометра. Въ критахъ.	Вѣсъ 1 литра при 0° Ц. и $0^m,76$ барометра. Въ граммахъ. Эти значенія получаются помноженіемъ цифръ предъидущаго столбца на 0,0896
Водородъ	H	1	0,0896
Хлоръ	Cl	35,5	3,1808
Газообразный бромъ	Br	80	7,1680
Газообразный іодъ	I	127	11,3792
Кислородъ	O	16	1,4346
Газообразная сѣра	S	32	2,8672
Газообразный селенъ	Se	79	7,0784
Азотъ	N	14	1,2544
	Полулитрные знаки.	Вѣсъ $^1/_2$ литра при 0° Ц. и $0^m,76$ барометра.	
Газообразный фосфоръ	P	31	2,7776
Газообразный мышьякъ	As	75	6,7200

Соединенія.

Названія.	Двулитрные знаки.	Вѣсъ 2 литровъ при 0° Ц. и $0^m,76$ барометра. Въ критахъ.	Вѣсъ 2 литровъ при 0° Ц. и $0^m,76$ барометра. Въ граммахъ.
Хлористоводородная кислота	HCl	36,5	3,2704
Бромистоводородная кислота	HBr	81	7,2576
Іодистоводородная кислота	HI	128	11,4688
Водяной паръ	H_2O	18	1,6128
Сѣрнистый водородъ	H_2S	34	3,0464
Селенистый водородъ	H_2Se	81	7,2576
Амміакъ	H_3N	17	1,5232
Фосфористый водородъ	H_3P	34	3,0464
Мышьяковистый водородъ	H_3As	78	6,9888
Болотный газъ	H_4C	16	1,4336
Кремневодородъ	H_4Si(?)	35,5 (?)	2,9120
Азотистая окись	N_2O	44	3,9424
Азотная окись	NO	30	2,6880
Азотистая кислота	N_2O_3	76 (?)	6,8096
Азотноватая кислота	NO_2	46	4,1216
Азотная кислота	N_2O_5	108 (?)	9,6768

Во многихъ случаяхъ, при переходѣ отъ вѣса въ критахъ къ вѣсу въ граммахъ, можно облегчить трудъ умноженія, принимая для крита приблизительную величину 0.09 вмѣсто 0,0896. При хлорѣ (самомъ тяжеломъ изъ элементарныхъ газовъ) происходящая отъ этого ошибка составляетъ не болѣе 3.1950—3.1808=0.0142 грамма; при водородѣ (самомъ легкомъ тѣлѣ) происходящая отъ этого ошибка составляетъ лишь 4/10000 грамма.

Важность изложенныхъ фактовъ для пониманія языка химическихъ знаковъ и формулъ, которыя теперь представляютъ для насъ конкретныя значенія вѣса и объема, въ извѣстной степени нарушается недостаткомъ однообъемности выражаемыхъ ими количествъ. Мы впослѣдствіи увидимъ, какъ дальнѣйшее развитіе нашего знанія устраняетъ и этотъ недостатокъ.

IX.

Умозрительныя объясненія химическихъ явленій. — Гипотезы. — Теоріи.— Вещество, — его состоянія, — твердое жидкое и газообразное. — Дѣйствіе массъ и частицъ тѣлъ.—Частицы, ихъ притяженіе и отталкиваніе.—Природа газовъ,—ихъ упругость,—ихъ скрытый теплородъ.—Природа тепла,—теплородныя сферы частицъ.—Вліяніе давленія и температуры на газы.—Строеніе частицъ. — Распаденіе частицъ на атомы. — Предѣлъ дѣлимости матеріи,—почему онъ принимается.—Элементарныя частицы,—двуатомныя четырехатомныя, — ихъ изображенія. — Атомныя и частичныя формулы.—Объясненіе частичныхъ формулъ примѣромъ соединеній азота съ кислородомъ.—Сравненіе преимуществъ атомныхъ и частичныхъ формулъ.

Съ точки зрѣнія, къ которой привели уже насъ наши занятія, химическія явленія представляются намъ въ новомъ свѣтѣ, гораздо яснѣе очерчивающемъ нѣкоторыя изъ извѣстныхъ намъ отношеній. Особенно знаки элементовъ, формулы соединеній и химическія равенства получаютъ для насъ болѣе глубокое значеніе съ этой точки зрѣнія.

Мы до сихъ поръ не оставляли области фактовъ,—дознанныхъ собственнымъ опытомъ или принятыхъ на вѣру, на основаніи достовѣрныхъ свидѣтельствъ другихъ. Мы довольствовались наблюденіемъ химическихъ явленій, собираніемъ, распредѣленіемъ и сравненіемъ результатовъ нашихъ наблюденій,—не пытавшись до сихъ поръ объяснять самыя явленія.

Причины наблюденныхъ дѣйствій оставались для насъ до сихъ поръ темными. Но къ ихъ изслѣдованію неодолимо влечетъ насъ теперь одинъ изъ самыхъ могучихъ инстинктовъ нашей интеллектуальной натуры. Это инстинктивное побужденіе къ изслѣдованію никогда не можетъ быть вполнѣ удовлетворено. Послѣдняя изъ причинъ лежитъ за предѣлами нашей способности пониманія,

нашего разума. Условія, при которыхъ происходятъ извѣстныя явленія, отношенія ихъ послѣдовательности и аналогіи представляютъ доступныя задачи изслѣдованія, между тѣмъ какъ ихъ настоящая сущность, ихъ послѣднее начало остается для насъ непроницаемой тайной. Но и рѣшеніе задачъ, не выходящихъ за предѣлы доступной намъ области, встрѣчаетъ всегда разнаго рода затрудненія, которыя мы часто можемъ одолѣть лишь довѣряя нашей фантазіи и допуская извѣстныя предположенія, для того чтобы связать между собою результаты уже произведенныхъ опытовъ и начертить направленіе новыхъ работъ.

Такія предположенія мы называемъ гипотезами (отъ ὑπὸ, подъ, и θέσις, производное отъ τίθημι, я ставлю, слѣдовательно буквально — подставки). Гипотеза для насъ неоцѣнимое орудіе научнаго изслѣдованія; но мы можемъ сказать это только о такой гипотезѣ, которая опирается на фактахъ и открываетъ путь къ пониманію этихъ фактовъ, которая подводитъ множество фактовъ подъ общую точку зрѣнія и побуждаетъ къ новымъ опытамъ; чисто спекулятивная гипотеза, не имѣющая корней въ почвѣ фактовъ, не имѣетъ никакого значенія, — она представляетъ лишь мало плодотворное упражненіе ума.

Понятно, что гипотеза — лишь временное орудіе науки; она должна быть расширена и даже оставлена, когда она становится слишкомъ узкою для результатовъ дальнѣйшаго изслѣдованія или перестаетъ удовлетворять этимъ результатамъ. Но съ другой стороны, когда гипотеза обнимаетъ и объясняетъ обширные ряды явленій, когда дальнѣйшіе опыты даютъ результаты, предвидѣнные гипотезой, когда ея вѣроятность становится все больше и больше, благодаря новымъ открытіямъ, тогда она все больше и больше теряетъ свой временной характеръ и находитъ наконецъ мѣсто въ ряду признанныхъ данныхъ науки, подъ названіемъ теоріи (отъ θεωρέω, я разсматриваю).

Наблюденныя нами явленія—соединенія въ опредѣленныхъ отношеніяхъ объема и вѣса можно объяснить весьма вѣроятною и обширною теоріей. Мы должны теперь обратиться къ этой теоріи, къ пониманію которой мы подготовлены извѣстными намъ опытами, равно какъ и знаками, въ которыхъ мы выражали результа-

ты этихъ опытовъ; мы постараемся впрочемъ не теряться слишкомъ далеко въ области умозрѣнія.

Чтобы приступить къ этому теоретическому разъясненію, мы должны предложить себѣ вопросы: Что такое сущность матеріи? Изъ какихъ частей она состоитъ? Какого рода эти части и какимъ образомъ онѣ сдерживаются вмѣстѣ? Отчего одно и тоже вещество, напр. вода, представляется то въ твердомъ, то въ жидкомъ, то въ газообразномъ состояніи? И наконецъ, какого рода измѣненія происходятъ съ матеріей, когда ея различныя элементарныя формы соединяются въ тѣла, совершенно отличающіяся по своимъ свойствамъ отъ своихъ составныхъ частей?

Эти и подобные вопросы живо занимали изслѣдователей всѣхъ временъ и народовъ, и самое краткое изложеніе безконечныхъ споровъ по этому предмету составляетъ цѣлые тома. Даже самый элементарный вопросъ: безконечно ли дѣлима матерія или она состоитъ изъ малыхъ частицъ, которыя болѣе не дѣлимы?— привелъ къ совершенно противуположнымъ воззрѣніямъ и разсужденіямъ, которыхъ изложеніе далеко превосходило бы предѣлы предоставленнаго намъ времени и мѣста.

Вѣрная оцѣнка гипотетическихъ воззрѣній, сознаніе ихъ значенія, когда онѣ остаются въ надлежащихъ предѣлахъ, и ихъ безплодности, когда они выходятъ за эти предѣлы, внушило представителямъ новѣйшей химіи самую крайнюю умѣренность и воздержность въ ихъ попыткахъ къ разрѣшенію этихъ вопросовъ.

Оставляя въ этомъ же смыслѣ безъ вниманія умозрѣнія о существѣ матеріи, теряющіяся въ безконечность, мы ограничимся разсмотрѣніемъ гипотезы, которой повидимому всего лучше удается связать и объяснить результаты новѣйшаго изслѣдованія, которая, открывая намъ лучшее пониманіе уже наблюденныхъ явленій, указываетъ намъ въ тоже время направленіе дальнѣйшихъ опытовъ.

Для этой цѣли обратимся опять къ хорошо знакомому намъ тѣлу, в о д ѣ, на счетъ характера которой другіе опыты дали намъ уже важные результаты. Мы знаемъ это тѣло въ трехъ различныхъ состояніяхъ, въ состояніи льда, жидкой и газообразной воды или водянаго пара; при ближайшемъ разсмотрѣніи воды въ этихъ трехъ состояніяхъ мы находимъ въ ней особенный характеръ, общій всѣмъ тремъ состояніямъ воды, не смотря на ихъ различіе.

Ледъ, вода, и водяной паръ представляютъ двоякаго рода дѣятельность: одна проявляется въ массахъ замѣтной величины и обнаруживается на замѣтныхъ разстояніахъ, другая проявляется между такими малыми частичками и обнаруживается въ такихъ незначительныхъ разстояніяхъ, что измѣреніе ихъ невозможно.

Притяженіе между массами матеріи, которое проявляется въ движеніи звѣздъ, въ движеніи падающаго тѣла, въ давленіи, производимомъ покоящимся тѣломъ на его подставку, представляетъ первую изъ этихъ дѣятельностей; мы наблюдаемъ эту дѣятельность одинаково во льду, въ жидкой водѣ и въ водяномъ парѣ, всѣ они имѣютъ вѣсъ. Замѣтныя массы воды въ этихъ трехъ формахъ, притягивающія другъ друга на измѣримыхъ разстояніяхъ, находятся въ взаимномъ притягательномъ дѣйствіи съ землей.

Латинскае слово для массы—moles; новѣйшее уменьшительное этаго слова, molecula, мы употребляемъ для обозначенія неизмѣримо малой массы, т. е. неизмѣримо малой матеріальной точки. Взаимодѣйствіе между неизмѣримо малыми частицами на неизмѣримыхъ разстояніяхъ мы называемъ молекулярнымъ. Для выраженія различія между этими дѣйствіями, и дѣйствіями между измѣримыми массами на измѣримыхъ разстояніяхъ мы называемъ послѣднія молярными.

Находящіяся въ нашемъ распоряженіи средства механическаго раздробленія матеріи не приводятъ насъ за предѣлы молярнаго дѣленія ея. Какъ тонко мы не размельчали бы напр. нашъ ледъ, мы все таки будемъ имѣть дѣло, если мы только поддержимъ температуру ниже точки замерзанія,—съ массами льда, состоящими изъ многихъ молекулей или частицъ. Самый тонкій порошокъ льда все еще состоитъ изъ весьма маленькихъ кусковъ; каждый изъ этихъ кусковъ можетъ подъ вліяніемъ теплоты перейти въ воду, которой сложность изъ многихъ частицъ яснѣе по подвижности ея частей. До сихъ поръ неизвѣстенъ ни одинъ случай, въ которомъ механическое раздробленіе твердаго тѣла обусловливало бы его переходъ въ жидкое состояніе. Мы поэтому считаемъ несомнѣннымъ, что при механическомъ раздробленіи самыя мелкія частицы все еще представляютъ суммы частицъ.

Мы такимъ образомъ доходимъ до различенія двоякаго рода дѣлимости матеріи: молярной и молекулярной. Перваго рода

дѣлимость можно производить помощью механическихъ средствъ; если производить ее даже до самыхъ крайнихъ предѣловъ, она все даетъ еще суммы частицъ или массы измѣримой величины. Втораго рода дѣлимости, т. е. дѣленіе массъ на ихъ малѣйшія, неизмѣримыя частицы, молекули, мы не можемъ достигнуть, ни механическими, ни какими либо другими средствами, находящимися въ нашемъ распоряженіи, хотя дѣйствіе физическихъ силъ (напр. теплоты) на самыя маленькія массы можетъ намъ уяснить ихъ составъ изъ частицъ.

Взаимнодѣйствіе между матеріальными массами составляетъ предметъ механики, науки самаго глубокаго интереса и важныхъ примѣненій, но лежащей за предѣлами нашего настоящаго изслѣдованія.

Но мы должны заняться немного разсмотрѣніемъ молекулярныхъ дѣйствій, проявляющихся, какъ мы уже замѣтили, между неизмѣримо малыми частицами на неизмѣримыхъ разстояніяхъ. Возьмемъ опять предметомъ нашего разсмотрѣнія уже хорошо извѣстный намъ примѣръ. При разсмотрѣніи льда, жидкой воды и водянаго пара мы скоро различаемъ въ нихъ діаметрально противуположныя молекулярныя или частичныя силы: частичное притяженіе и частичное отталкиваніе, изъ которыхъ первая преимущественно проявляется въ твердомъ льду, а вторая въ водяномъ парѣ. Частичному притяженію твердыя тѣла обязаны своею плотностію, частичному отталкиванію газообразныя тѣла обязаны свободною подвижностью своихъ частицъ.

Въ жидкихъ тѣлахъ, какъ водѣ, обѣ эти формы частичной дѣятельности находятся въ равновѣсіи въ промежуточной степени. Частицы жидкихъ тѣлъ притягиваютъ другъ друга еще съ значительною силою; къ палкѣ, погруженной въ воду, при выниманіи оттуда прилипаетъ множество частицъ воды, въ видѣ капли. Но въ сравненіи съ притяженіемъ частицъ твердыхъ тѣлъ, напр. льда, притяженіе частицъ жидкихъ тѣлъ весьма слабо. Кромѣ того частицы жидкихъ тѣлъ подвижны, онѣ способны скользить другъ возлѣ друга, что достаточно ясно по движенію воды въ сосудѣ и по переливанію ея изъ одного сосуда въ другой. Но эта подвижность частицъ жидкости несравненно меньше подвижности частицъ газа. Мы напрасно пытались бы собрать палкой каплю

газа; къ палкѣ не прилипаетъ комплексъ частицъ газа, который можно было бы сравнить съ нашей водой. Этой меньшей подвижностью частицъ, сравнительно съ газами, жидкости обязаны своему большему частичному притяженію. Отсюда происходитъ такъ называемая вязкость жидкостей, — свойство, принадлежащее различнымъ жидкостямъ въ весьма неодинаковой степени, такъ что напр. скорость движенія въ трубкахъ существенно различна, смотря по различнымъ жидкостямъ. Этого свойства вовсе не имѣютъ газы, которыхъ частицы обнаруживаютъ больше стремленія удаляться другъ отъ друга, чѣмъ сближаться между собою. Единственное свойство, сближающее въ этомъ отношеніи газы съ жидкостями, — это склонность паровъ прилипать тонкимъ слоемъ къ поверхности твердыхъ тѣлъ, находящихся съ ними въ прикосновеніи. Въ этомъ смыслѣ можно сказать, что газы смачиваютъ твердыя тѣла; но тутъ и кончается это сходство. Между тѣмъ какъ въ жидкостяхъ, благодаря частичному притяженію, одинъ слой притягиваетъ другой, другой притягиваетъ третій и т. д., пока образуется слой достаточной толщины, слой газа, покрывающій твердыя тѣла, не въ состояніи притягивать другаго слоя газа и не достигаетъ поэтому замѣтной толщины. Дальнѣйшіе опыты покажутъ намъ, какимъ образомъ можно доказать присутствіе такого слоя газовъ на твердыхъ тѣлахъ, находившихся въ прикосновеніи съ ними. Пока эти явленія интересуютъ насъ лишь настолько, насколько въ нихъ отражается различіе свойствъ матеріи въ жидкомъ и газообразномъ состояніяхъ.

Это различіе свойствъ не должно насъ удивлять, если вспомнимъ, насколько промежутки между частицами газа, напр. водянаго пара, больше промежутковъ между частицами жидкихъ и твердыхъ тѣлъ, напр. воды и льда. Одинаковыя количества льда и воды представляютъ лишь незначительное различіе объема. При точкѣ замерзанія и недалеко отъ нея вода занимаетъ даже немного меньшее пространство, чѣмъ ледъ. Но водяной паръ занимаетъ при 100° Ц. въ 1689 разъ большее пространство, чѣмъ вода при той же температурѣ. Отсюда слѣдуетъ, что промежутки между частицами водянаго пара, хотя неизмѣримо малы, все таки должны быть въ 1689 разъ больше промежутковъ между тѣми же частицами въ жидкомъ состояніи.

При изученіи отношеній объемовъ, въ которыхъ тѣла соединяются между собою, изученіе строенія газовъ представляетъ особенный интерессъ; кромѣ того, мы должны ограничивать наши изслѣдованія о сущности матеріи почти исключительно этой стороной вопроса.

Какого рода промежутки между частицами газа? Представляютъ ли они пустыя или чѣмъ нибудь наполненныя пространства, и во второмъ случаѣ, какимъ образомъ и чѣмъ они наполнены? Нельзя сомнѣваться въ томъ, что мы тутъ не имѣемъ дѣла съ пустыми пространствами, въ обыкновенномъ смыслѣ, если вспомнимъ дѣйствіе упругости газа противъ каждаго внѣшняго давленія. При сдавливаніи напр. пузыря, наполненнаго воздухомъ, требуется довольно значительная сила для преодолѣнія упругости газа. Если ударить о такой пузырь молоткомъ, то отскакиваніе его не менѣе обнаруживаетъ упругость газа. Но что такое эта упругость? Какая сила обусловливаетъ ее?

Множество явленій указываетъ на т е п л о т у, какъ на причину этой упругости. Дѣйствіемъ теплоты ледъ переходитъ въ жидкое и газообразное состояніе, и затѣмъ дальнѣйшимъ дѣйствіемъ теплоты все болѣе и болѣе увеличивается упругость водяного пара. Это дѣйствіе теплота производитъ и на всѣ другіе газы. При нагрѣваніи пузыря, наполненнаго воздухомъ, онъ становится все туже и туже, — при этомъ онъ производитъ гораздо большее противудѣйствіе удару молотка, — а при дальнѣйшемъ нагрѣваніи пузыря возрастающая упругость газа преодолѣваетъ наконецъ плотность животной ткани, —пузырь разрывается съ сильнымъ трескомъ.

Но припомнимъ еще другое явленіе. Передъ нами находится въ чашкѣ кусокъ льда, температуры 0° Ц. При нагрѣваніи ледъ таетъ и переходитъ въ воду. Во время таянія льда мы по временамъ наблюдаемъ температуру жидкости; пока въ ней еще остается хоть малѣйшій кусокъ нерастаявшаго льда, мы находимъ, что она все показываетъ температуру 0° Ц. Чашка тѣмъ не менѣе поглощаетъ во все это время теплоту, — она, вѣдь, находится надъ лампой и кромѣ того ледъ большею частію растаялъ.

Куда дѣвалась поглощенная при этомъ теплота, и отчего вода, происшедшая отъ таянія льда, показывала однако температуру тающаго льда?

Если бы кто нибудь изъ васъ сомнѣвался въ поглощенiи теплоты чашкой, на томъ основанiи, что находящаяся въ ней вода все еще холодна какъ ледъ, то ничего нѣтъ легче какъ убѣдить его въ заблужденiи. Мы оставляемъ еще на время надъ лампой чашку, съ холодною какъ ледъ водой и оставшимся очень маленькимъ кусочкомъ льда,—поднятiе ртути въ термометрѣ скоро покажетъ намъ быстрое и постоянное поглощенiе теплоты. Температура воды все болѣе и болѣе возвышается, при этомъ ртуть въ термометрѣ все болѣе поднимается, пока наконецъ достигаетъ 100° Ц., — тогда вода кипитъ.

Мы все еще оставляемъ чашку надъ лампой; она все еще продолжаетъ поглощать теплоту, совершенно въ той же мѣрѣ какъ прежде,—но температура опять перестала подниматься. Вода при этомъ превращается въ паръ, улетучивающiйся въ воздухъ, пока не остается никакого слѣда воды.

Оставляя еще пустую чашку надъ пламенемъ, получаемъ новое доказательство постоянно поглощаемой ею теплоты,—дно чашки накаливается скоро до красна.

Ровно столько же теплоты, сколько чашка поглотила въ данный перiодъ времени, накаливаясь до красна, она поглощала въ такiе же перiоды времени, когда въ ней находился ледъ, который превращался въ воду, и когда въ ней находилась вода, которая переходила въ паръ. Тѣмъ не менѣе температура воды не была выше температуры находившагося вмѣстѣ съ нею льда, а температура пара не была выше температуры кипящей воды. Такимъ образомъ количества теплоты, достаточныя для накаливанiя до красна дна чашки, поглощаемы были льдомъ и водою, безъ замѣтнаго возвышенiя ихъ температуры. Что сдѣлалось съ исчезнувшей такимъ образомъ теплотой или, употребляя техническое выраженiе науки, съ теплотой, перешедшей въ скрытное состоянiе? Съ исчезновенiемъ теплоты частицы льда превратились въ жидкую воду, а частицы воды въ упругiй паръ. Не трудно опять превратить водяной паръ въ жидкую воду, — теплота, перешедшая въ скрытное состоянiе при превращенiи воды въ паръ, становится при этомъ опять свободною; не трудно также опять превратить жидкую воду въ ледъ,—при этомъ также скрытная теплота становится свободною. Въ виду всѣхъ этихъ явле-

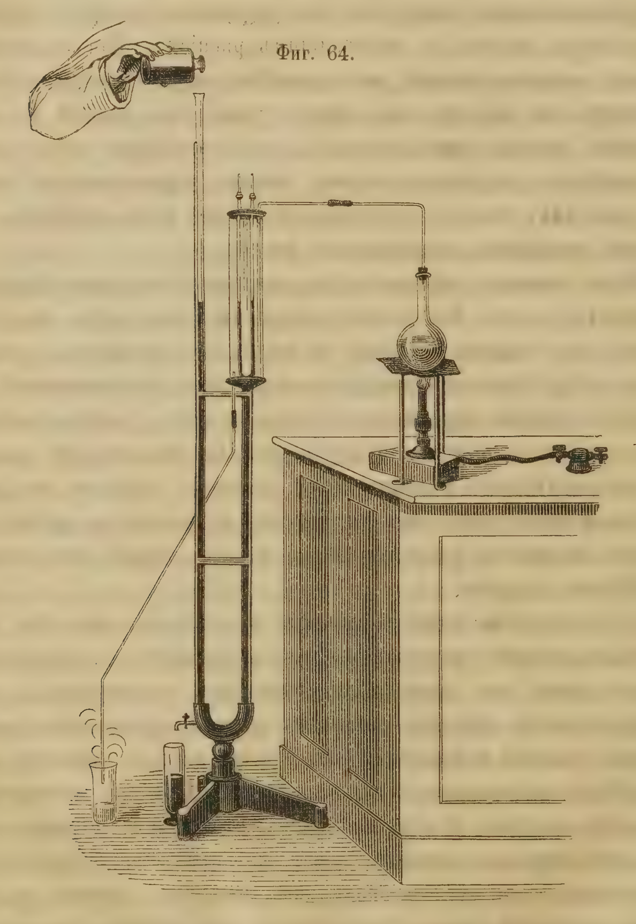
ній мы не можемъ болѣе сомнѣваться, что поглощеніе топлоты и переходъ ея въ скрытное состояніе находятся въ связи съ переходомъ льда въ жидкое и газообразное состоянія, и что упругость пара не больше какъ дѣйствіе особенной формы силы, извѣстной подъ названіемъ теплоты. Такимъ образомъ съ вопросомъ. что такое газъ? и что наполняетъ промежутки между его частицами? естественно связанъ другой вопросъ: что такое теплота?—и тутъ мы приходимъ къ одному изъ самыхъ интересныхъ современныхъ вопросовъ, къ разрѣшенію котораго стремятся со всѣхъ сторонъ съ величайшимъ рвеніемъ, Для нѣкоторыхъ ученыхъ теплота—тонкій, колеблющійся эѳиръ, подобно свѣтовому эѳиру, для другихъ онъ—просто сила, безъ частей и вѣса; наконецъ третій классъ ученыхъ — въ новѣйшее время почти большинство — отрицаетъ всякое особное существованіе теплоты,—для нихъ теплота представляетъ лишь родъ движенія, результатъ колебаній матеріальныхъ частицъ.

Мы не можемъ заняться здѣсь разрѣшеніемъ этихъ трудныхъ и важныхъ задачъ. Мы должны довольствоваться здѣсь представленіемъ, что теплота,—какова бы ни была ея сущность,—скрытная въ газѣ, облекаетъ каждую частицу газа отталкивающей атмосферой, которая стремится отдѣлять ее отъ другихъ частицъ, и что эти отталкивающія оболочки частицъ оказываютъ одинаковое противудѣйствіе механическому давленію, такъ что по прекращеніи давленія газъ, при совершенно одинаковыхъ другихъ условіяхъ, занимаетъ ровно такой же объемъ, какой онъ занималъ до дѣйствія давленія.

Для того чтобы наши наблюденія могли вести насъ къ дальнѣйшему развитію гипотезы мы должны сравнить съ характеромъ водянаго пара, при различныхъ условіяхъ температуры и давленія, характеръ другихъ сложныхъ газовъ, хлористоводородной кислоты, амміака и болотнаго газа, равно какъ и характеръ простыхъ или элементарныхъ газовъ, водорода, хлора, кислорода и азота. Но для того чтобы избѣжать затрудненій, которыя представляетъ изученіе водянаго пара, который при обыкновенной температурѣ сгущается въ воду, мы возьмемъ одного представителя сложныхъ газовъ, постоянныхъ при средней температурѣ, напр. хлористоводородный газъ; такимъ же образомъ мы выбе-

ремъ одного представителя и между простыми газами, напр. водородъ. Обоихъ этихъ представителей мы будемъ подвергать одинаковому возвышенію температуры и давленія. Если же возвышеніе температуры и давленія произведетъ на нихъ различное дѣйствіе, тогда мы будемъ вправѣ приписывать различное строеніе простымъ и сложнымъ газамъ; если же оно произведетъ на нихъ одинаковое дѣйствіе, тогда мы будемъ вправѣ принимать одинаковое частичное строеніе простыхъ и сложныхъ газовъ.

Фиг. 64.



Мы можемъ произвести это сравненіе помощью простаго аппарата (фиг. 64). Онъ состоитъ изъ длинной трубки, въ видѣ

буквы U, которой одно болѣе длинное колѣно открыто сверху, между тѣмъ какъ другое болѣе короткое колѣно раздѣлено вилообразно на двѣ вѣтви, снабженныя вверху стекляными кранами. Обѣ эти вѣтви окружены стеклянымъ цилиндромъ, съ назначеніемъ котораго мы сейчасъ познакомимся. Въ нижней части аппарата находится еще кранъ, для выпусканія наполняющей его ртути. Чтобы ввести газы, подлежащіе сравненію, въ назначенныя для нихъ трубки, соединяютъ концы этихъ трубокъ, съ открытыми кранами, помощью каучуковыхъ трубокъ, съ аппаратами развивающими данные газы, и открываютъ кранъ нижней части аппарата, для выпусканія оттуда соотвѣтственнаго количества ртути. При надлежащемъ управленіи кранами, легко удается наполнять обѣ трубки приблизительно до половины одинаковыми количествами газовъ, подлежащихъ изслѣдованію, которыхъ объемъ мы обозначаемъ каучуковыми кольцами. Прибавляя теперь ртуть въ длинную трубку, она производитъ одинаковое давленіе на оба газа въ маленькихъ трубкахъ, и по равномѣрному возвышенію металла въ обѣихъ этихъ трубкахъ мы видимъ, что въ обоихъ газахъ происходитъ одинаковое уменьшеніе объема. Съ другой стороны выпуская ртуть изъ крана нижней части аппарата, оказывается, что оба газа совершенно одинаково расширяются при равномѣрно уменьшенномъ давленіи. Наконецъ мы пропускаемъ по очереди черезъ стекляный цилиндръ, окружающій обѣ трубки съ газами, водяной паръ и холодный воздухъ; при этомъ мы также наблюдаемъ, что съ одинаковымъ возвышеніемъ или пониженіемъ температуры, объемъ газовъ одинаково расширяется или сжимается.

Этимъ путемъ можно несомнѣнно доказать, что одинаковые объемы простаго газа, водорода, и сложнаго газа, хлористоводородной кислоты, — опредѣленные при одинаковой температурѣ и давленіи, — сжимаются на половину своего объема удвоеніемъ давленія, причемъ упругость ихъ удвоивается. Точно такимъ же образомъ мы можемъ доказать, что одинаковые объемы водорода и хлористоводороднаго газа, — опредѣленные при одинаковой температурѣ и давленіи, — подъ вліяніемъ одинаковаго возвышенія или пониженія температуры одинаково расширяются или сжимаются.

Подобнаго рода опыты, произведенные надъ различными газами, простыми и сложными, привели къ общему результату, что всѣ настоящіе газы, подверженные одинаковымъ измѣненіямъ температуры и давленія, почти совершенно одинаково расширяются и сжимаются; отсюда мы имѣемъ право заключить, что всѣ газообразныя тѣла представляютъ одинаковое частичное строеніе. Такъ какъ мы представляемъ себѣ каждую частицу газа окруженною упругою динамическою сферой, находящейся — неизвѣстнымъ для насъ образомъ — въ связи съ скрытною теплотой, то этотъ же общій результатъ (одинаковое измѣненіе объема газовъ при одинаковыхъ измѣненіяхъ температуры и давленія) ведетъ насъ къ дальнѣйшему заключенію, что всѣ газообразныя тѣла, при одинаковыхъ условіяхъ температуры и давленія, содержатъ въ одинаковомъ объемѣ одинаковое количество частицъ съ динамическими сферами; отсюда логически слѣдуетъ далѣе, что во всѣхъ газахъ частицы,—выраженіе, которое мы впередъ будемъ употреблять для обозначенія матерьяльныхъ точекъ съ ихъ динамическими сферами,—представляютъ одинаковый объемъ, при одинаковыхъ физическихъ условіяхъ. Короче сказать: наша единица объема, литръ, наполнена ли она водородомъ, хлористоводородной кислотой или другимъ простымъ или сложнымъ газомъ, содержитъ всегда, при одинаковыхъ физическихъ условіяхъ, одинаковое количество частицъ одинаковой величины.

При этомъ состояніи нашихъ изслѣдованій, — возвратимся опять къ вопросу о дѣлимости матеріи. Мы познакомились, какъ вы помните, съ двумя формами дѣлимости матеріи—молярною и молекулярною. Мы назвали молярною дѣлимость механическимъ путемъ большихъ массъ матеріи на малыя, которыя, какъ бы они ни были мелки, всегда измѣримы; молекулярною мы назвали идеальную дѣлимость матеріи физическими силами, напр. теплотой, на молекули или частицы, которыя отличаются своею неизмѣримостью. Мы видѣли молярную и молекулярную дѣлимость воды, раздробивъ ледъ на самыя мелкія части, которыя мы дѣйствіемъ теплоты превратили затѣмъ въ воду и прозрачный водянной паръ, въ которомъ мы представляемъ себѣ частицы окруженными въ 1689 разъ большими динамическими сферами.

Какъ ни безконечно представляется намъ эта дѣлимость ма-

теріи, какъ ни невыразимо малыми мы должны представить себѣ частицы газа, окруженныя динамическими сферами, какъ ядро оболочкой, — мы все таки знаемъ, мы все таки можемъ доказать опытомъ, что возможно еще дальнѣйшее дѣленіе матеріи, и что при разложеніи самыхъ малыхъ частей какого нибудь соединенія на ихъ безконечно малыя частицы, эти частицы все таки представляютъ соединеніе, состоящее по крайней мѣрѣ изъ 2 частей, которыя можно разложить химически на элементы.

Но тутъ, — сколько мы знаемъ, сколько мы можемъ себѣ представить, — мы уже доходимъ до предѣла дѣлимости матеріи. Вы помните, мы назвали элементами тѣ тѣла, которыя до сихъ поръ противостояли всякой попыткѣ къ ихъ разложенію, дѣйствіемъ механическихъ, физическихъ и химическихъ силъ. Мы можемъ представить себѣ элементарныя части соединенія, напр. хлористоводородной кислоты, столь малыми, какъ только хотимъ и можемъ; въ этомъ отношеніи мы можемъ разнуздать нашу фантазію. Мы можемъ представить себѣ частичку водорода и частичку хлора милліонъ, билліонъ и т. д. разъ раздѣленными, — словомъ сколько намъ угодно и сколько можемъ по силѣ нашего воображенія. Нѣтъ никакихъ фактовъ, которые ограничивали бы въ этомъ отношеніи силу нашей фантазіи, кромѣ ея собственной ограниченности. Но разъ дошедши, по силѣ нашей фантазіи, до представленія о самой малѣйшей элементарной частичкѣ, — было бы напраснымъ трудомъ идти дальше и эти малѣйшія элементарныя частички считать способными къ дѣленію до безконечности. Ни одинъ экспериментальный результатъ не можетъ быть приведенъ въ подтвержденіе такого допущенія. Тутъ поэтому останавливается мыслитель-экспериментаторъ. За этимъ предѣломъ онъ видитъ лишь мечтанія метафизическаго умозрѣнія, — мечтанія существенно безплодныя, потому что они не находятся въ связи ни съ какими опытами, — связи необходимой при изученіи явленій, ихъ отношеній и законовъ. Мы поэтому отказываемся отъ всякихъ дальнѣйшихъ умозрѣній о дѣлимости матеріи. Для насъ достаточно знать, что *мы* во всякомъ случаѣ не въ состояніи дѣлить ее до безконечности.

Такимъ образомъ, — разсматриваемъ ли мы нашу задачу въ свѣтѣ трезваго опыта или въ мерцающемъ свѣтѣ нашей фантазіи, —

мы доходимъ до представленія недѣлимыхъ малѣйшихъ частей, элементовъ, названныхъ атомами (отъ τέμνω, я разрѣзываю, я раздѣляю, съ отрицательнымъ α).

Этотъ послѣднiй членъ заключаетъ собою рядъ нашихъ соображенiй о дѣлимости матерiи. Мы такимъ образомъ отличили троякую дѣлимость матерiи, молярную, молекулярную и атомистическую. Перваго рода дѣлимость, достигаемая механическими средствами, даетъ всегда лишь измѣримыя массы — суммы частицъ, доступныя наблюденiю; втораго рода дѣлимость, уясняемая дѣйствiемъ физическихъ силъ, теплоты и пр., находитъ свои предѣлы въ неизмѣримыхъ частицахъ; наконецъ третьяго рода дѣлимость, атомистическую, мы приписываемъ дѣйствiю силъ, способныхъ производить химическiя разложенiя, т. е. разложенiя неизмѣримо малыхъ частицъ на ихъ элементарныя составныя части. Молекулярная и атомистическая дѣлимость недоступны болѣе наблюденiю, онѣ принадлежатъ поэтому области умозрѣнiя. Атомы, происходящiе отъ послѣдняго рода дѣлимости, не способны къ дальнѣйшему дѣленiю всѣми извѣстными намъ средствами, они представляютъ предѣлъ дѣлимости матерiи даже для фантазiи.

Съ этимъ допущенiемъ троякой дѣлимости матерiи и со свѣтомъ, распространяемымъ этимъ теоретическимъ представленiемъ, мы можемъ опять возвратиться къ сравненiю строенiя элементарныхъ и сложныхъ газовъ. Съ перваго взгляда можно было бы думать, что лишь сложные газы состоятъ изъ дѣлимыхъ частицъ или комплексовъ атомовъ, но что элементарные газы не представляютъ такой сложности строенiя и что въ нихъ дѣлимость не можетъ идти дальше молекулярной дѣлимости. Простое соображенiе показываетъ, что такое воззрѣнiе не согласно съ результатами нашихъ изслѣдованiй.

Какъ прежде, мы и теперь обратимъ вниманiе исключительно на газы, съ которыми мы познакомились путемъ опыта. Для нашего сравненiя мы выберемъ изъ этихъ газовъ самый простой сложный газъ—хлористоводородную кислоту и оба его элементарныя составныя части—водородъ и хлоръ.

Изъ самыхъ первыхъ нашихъ опытовъ мы помнимъ, что нормальный производный объемъ (2 литра) хлористоводородной кислоты состоитъ изъ 1 объема (1 литра) водорода и 1 объема (1

литра) хлора, которые соединяются безъ сжатія. Такимъ образомъ каждая частица хлористоводородной кислоты состоитъ по крайней мѣрѣ изъ 2 атомовъ, изъ 1 атома водорода и 1 атома хлора.

Мы уже упомянули о результатахъ опытовъ, которые приводятъ насъ къ заключенію, что одинаковые объемы всѣхъ газовъ, простыхъ и сложныхъ, содержатъ одинаковое количество частицъ,— при одинаковыхъ условіяхъ температуры и давленія, которыя поэтому всѣ должны быть одинаковой величины.

Для облегченія нашихъ соображеній придадимъ какое нибудь конкретное значеніе неизвѣстному количеству, n, частицъ хлористоводородной кислоты въ двухъ литрахъ этого газа; положимъ, что оно равняется 1000.

Если въ 2 литрахъ находится 1000 частицъ хлористоводородной кислоты, то въ 1 литрѣ должна находиться половина этого числа частицъ, 500; далѣе, такъ какъ мы должны принять въ одинаковыхъ объемахъ всѣхъ газовъ одно и тоже количество частицъ, то очевидно, что и въ литрѣ водорода и въ литрѣ хлора, участвующихъ въ образованіи хлористоводородной кислоты, также должно находиться по 500 частицъ. Но такъ какъ въ каждой частицѣ хлористоводородной кислоты 1 атомъ водорода соединенъ съ 1 атомомъ хлора, то наши 1000 частицъ хлористоводородной кислоты необходимо должны содержать 1000 атомовъ водорода въ соединеніи съ 1000 атомовъ хлора,—всего 2000 атомовъ. Но съ другой стороны мы сейчасъ видѣли, что 1 литръ водорода и 1 литръ хлора содержатъ не по 1000, а по 500 частицъ; отсюда слѣдуетъ, что 500 частицъ водорода даютъ 1000 своихъ атомовъ, а 500 частицъ хлора также даютъ 1000 своихъ атомовъ для образованія 2000 атомовъ хлористоводородной кислоты, содержащихся въ 1000 частицъ этого газа.

Если 500 частицъ элементарнаго газа даютъ 1000 атомовъ, то очевидно, что каждая отдѣльная частица этого газа должна состоять изъ 2 атомовъ. Отсюда слѣдуетъ, что частицы нашего сложнаго газа и его элементарныхъ составныхъ частей составлены по тому же типу, что мы должны считать ихъ частицы двуатомными.

Мы пришли такимъ образомъ къ замѣчательному и совершенно логическому заключенію,—и если весь ходъ соображеній, который

привелъ насъ къ этому заключенію вѣренъ, то мы вправѣ сказать, что строеніе частицъ всѣхъ газовъ, простыхъ и сложныхъ, атомистическое.

Дальнѣйшее развитіе этихъ соображеній показываетъ намъ, что частицы всѣхъ элементарныхъ газовъ, съ которыми мы познакомились, представляютъ такое же атомистическое (двуатомное) строеніе, какъ частицы водорода и хлора.

Постараемся примѣнить нашъ языкъ знаковъ къ этимъ новымъ воззрѣніямъ. Знаки элементовъ выражали для насъ до сихъ поръ ихъ объемные или соединяющіеся вѣса, а формулы соединеній выражали для насъ до сихъ поръ производные объемы или суммы объемныхъ (или соединяющихся) вѣсовъ соединенныхъ элементовъ. Эти выраженія должны теперь получить новое значеніе, соотвѣтственно пріобрѣтенному нами понятію о частичномъ и атомистическомъ строеніи матеріи.

Наши старыя формулы прилаживаются къ этому новому значенію съ удивительною гибкостью. Принятое нами обозначеніе единицы объема ($H = 1$) не даетъ намъ конечно представленія о двуатомномъ строеніи свободной частицы водорода. Но этотъ знакъ ясно представляетъ намъ атомъ водорода, находящійся въ соединеніи, напр. въ двуатомной частицѣ хлористоводородной кислоты (HCl). Напротивъ того формулы соединеній, выражающія вѣса производныхъ объемовъ, не требуютъ никакого измѣненія для представленія атомистическаго строенія данныхъ частицъ. Формула:

$$H + Cl = HCl = 1 + 35.5 = 36.5,$$

которая до сихъ поръ выражала намъ двуобъемный составъ хлористоводородной кислоты, даетъ намъ не менѣе ясное представленіе и о двуатомномъ строеніи частицы хлористоводородной кислоты. Такъ какъ мы наконецъ знаемъ, что частицы свободныхъ элементарныхъ газовъ имѣютъ такой же атомный составъ, какъ частица хлористоводородной кислоты, то формула этой кислоты представляетъ намъ образецъ, по которому мы можемъ построить надлежащія выраженія для свободныхъ частицъ элементарныхъ газовъ.

Такимъ образомъ формулы частицъ водорода и хлора принимаютъ слѣдующій видъ:

Водородъ $H + H = HH = 1 + 1 = 2$

Хлоръ $Cl + Cl = ClCl = 35.5 + 35.5 = 71.$

Отсюда далѣе слѣдуетъ, что однолитровые (и въ исключительныхъ случаяхъ полулитровые) знаки, которыми мы прежде обозначали объемы свободныхъ элементарныхъ газовъ, должны быть теперь замѣнены двулитровыми знаками, подобными тѣмъ, которыя мы употребляли для обозначенія нормальныхъ производныхъ объемовъ сложныхъ газовъ.

Мы такимъ образомъ получаемъ слѣдующія частичныя выраженія для хлористоводородной кислоты и ея элементовъ:

$$H\,Cl = \boxed{H\ Cl}$$

$$H\,H = \boxed{H\ H}$$

$$Cl\,Cl = \boxed{Cl\ Cl}$$

По этому образцу легко построить частичныя формумы для другихъ элементарныхъ газовъ.

Понятно, что равенства, выражающія реакціи элементовъ, должны подвергнуться соотвѣтственному измѣненію. Равенство $H + Cl = HCl$ или графически

$$\boxed{H} + \boxed{Cl} = \boxed{H\ Cl}$$

которымъ мы прежде выражали синтезъ хлористоводородной кислоты прямымъ соединеніемъ газообразныхъ элементовъ, не можетъ болѣе считаться вѣрнымъ выраженіемъ фактовъ въ смыслѣ частичныхъ воззрѣній, такъ какъ оно представляетъ отдѣльные атомы свободныхъ газовъ, между тѣмъ какъ эти газы, по нашимъ настоящимъ воззрѣніямъ, состоятъ изъ двуатомныхъ частицъ. Поэтому частичное равенство синтеза хлористоводородной кислоты принимаетъ слѣдующій видъ:

$$HH + ClCl = HCl + HCl$$

или графически:

$$\boxed{H\ H} + \boxed{Cl\ Cl} = \boxed{H\ Cl} + \boxed{H\ Cl}$$

или наконецъ гораздо проще:

$$2H + 2Cl = 2HCl.$$

Двулитровыя выраженія элементарныхъ газовъ представляютъ и другое преимущество. Эти выраженія даютъ возможность прямаго сравненія по объемамъ элементарныхъ газовъ съ сложными газами, которымъ мы всегда давали двулитровыя выраженія. Такимъ образомъ таблица частичныхъ вѣсовъ элементарныхъ и простыхъ газовъ представляетъ и ихъ объемные или удѣльные вѣса. Эти объемные вѣса можно относить къ единицѣ объема водорода (единицѣ атомныхъ вѣсовъ):

$$\boxed{H} = 1$$

или къ двойной единицѣ объема водорода (единицѣ частичныхъ вѣсовъ):

$$\boxed{H\ H} = 2$$

Такимъ образомъ мы получаемъ оба ряда слѣдующей таблицы:

Простые и сложные газы.	Объемные или удѣльные вѣса.	
	Однолитровые $\boxed{H} = 1$	Двулитровые $\boxed{HH} = 2$
Водородъ	$H = 1$	$HH = 1 \times 2 = 2$
Хлоръ	$Cl = 35,5$	$ClCl = 35,5 \times 2 = 71$
Кислородъ	$O = 16$	$OO = 16 \times 2 = 32$
Азотъ	$N = 14$	$NN = 14 \times 2 = 28$
Хлористоводород. кислота	$\frac{HCl}{2} = \frac{36,5}{2} = 18,25$	$HCl = 36,5$
Водяной паръ	$\frac{H_2O}{2} = \frac{18}{2} = 9$	$H_2O = 18$
Аммiакъ	$\frac{H_3N}{2} = \frac{17}{2} = 8,5$	$H_3N = 17$
Болотный газъ	$\frac{H_4C}{2} = \frac{16}{2} = 8$	$H_4C = 16$

Для легкости сравненія между собою всѣхъ членовъ каждаго ряда, формулы сложныхъ газовъ въ первомъ столбцѣ (однолитровомъ) раздѣлены на 2, а во второмъ столбцѣ (двулитровомъ) знаки элементовъ помножены на 2.

Для нашихъ цѣлей мы отдаемъ рѣшительное преимущество второму ряду, такъ какъ онъ ясно представляетъ намъ дѣйствительное частичное строеніе газообразныхъ элементовъ и ихъ аналогію въ этомъ отношеніи съ нашимъ образцомъ строенія—хлористоводородною кислотой. И между тѣмъ какъ это важное воззрѣніе ясно выражено въ первыхъ четырехъ числахъ двулитроваго ряда, послѣдніе четыре члена этого ряда ясно выражаютъ столь же важную истину, что элементарные газы, представляющіе въ свободномъ состояніи частицы могутъ дѣлиться на атомы, вступая въ химическія соединенія. Дѣленіе частицы водорода на ея атомы ясно видно по образованію хлористоводородной кислоты (HCl) и амміака (H_3N). Образованіе воды (H_2O) и болотнаго газа (H_4C) можно было бы представить себѣ соединеніемъ одной или двухъ частицъ водорода (HH или $2HH$) съ кислородомъ или углеродомъ. Но частица хлористоводородной кислоты (HCl) содержитъ лишь 1 атомъ водорода, поэтому при ея образованіи частица водорода должна была раздѣлиться. Точно также при образованіи частицы амміака мы должны допустить раздѣленіе по крайней мѣрѣ одной частицы водорода, такъ какъ изъ трехъ атомовъ водорода, содержащихся въ частицѣ амміака, два атома могли вступить въ соединеніе цѣльною частицей.

Эти соображенія не лишены интереса, потому что они даютъ намъ возможность опредѣлить атомъ и частицу элементарныхъ тѣлъ, совершенно независимо отъ вопроса о большей или меньшей дѣлимости матеріи. Можно сказать: *атомъ элемента есть его наименьшій вѣсъ, который можетъ вступить въ химическое соединеніе, а частица элемента—его наименьшій вѣсъ, который можетъ существовать въ свободномъ состояніи.*

Это опредѣленіе вовсе не предполагаетъ опредѣленнаго численнаго отношенія между частицей и атомомъ. Оно допускаетъ понятіе не только двуатомныхъ, но и трехъ-атомныхъ, четырехъ-атомныхъ и вообще много-атомныхъ, равно какъ и одно-атомныхъ частицъ.

Съ приведенными образцами частичныхъ формулъ не трудно расширить прiобрѣтенное нами воззрѣнiе и на другiе элементы, съ которыми мы познакомились, на бромъ и iодъ, аналоги хлора, на сѣру и селенъ, аналоги кислорода, на фосфоръ и мышьякъ, аналоги азота, наконецъ на кремнiй и титанъ, которые мы поставили рядомъ съ углеродомъ.

При разсматриванiи фосфора и мышьяка въ смыслѣ этого частичнаго воззрѣнiя мы естественно встрѣчаемся съ тѣми же исключительными отношенiями объемовъ, которыя и прежде нарушали однообразiе нашего графическаго изображенiя элементовъ. Мы должны принять въ соображенiе это обстоятельство и при графическомъ изображенiи частицъ фосфора и мышьяка.

Слѣдующая таблица представляетъ частичное строенiе разсмотрѣнныхъ нами до сихъ поръ элементовъ.

Атомическое строенiе элементарныхъ частицъ.

Водородъ.

H	+	H	=	H H	=	2

Группа хлора.

Cl	+	Cl	=	Cl Cl	=	71
Br	+	Br	=	Br Br	=	160
I	+	I	=	I I	=	254

Группа кислорода.

O	+	O	=	O O	=	32
S	+	S	=	S S	=	64
Se	+	Se	=	Se Se	=	158

Группа азота.

N + N = NN = 28

P + P + P + P = PPPP = 126

As + As + As + As = AsAsAsAs = 300

Группа углерода.

C + C = CC = 24 (?)

Si + Si = SiSi = 57 (?)

Ti + Ti = TiTi = 100 (?)

Выраженія PPPP и AsAsAsAs въ этой таблицѣ требуютъ особеннаго объясненія. Вѣса частицъ фосфора и мышьяка суть наименьшіе вѣса этихъ элементовъ въ свободномъ состояніи, т. е. вѣса двухъ литровъ пара фосфора и мышьяка или двойные объемные вѣса ихъ газовъ. Но опытъ показалъ, что вѣсовыя количества фосфора и мышьяка, обозначаемыя черезъ P и As, т. е. вѣсовыя количества этихъ элементовъ, содержащіяся въ двухъ литрахъ фосфорическаго водорода (H_3P) и мышьяковистаго водорода (H_3As),—количества, которыя мы въ смыслѣ нашихъ настоящихъ воззрѣній называемъ атомными вѣсами фосфора и мышьяка, представляютъ лишь половину ихъ объемнаго вѣса; поэтому мы должны были выразить единицу объема—объемъ 1 литра—черезъ PP = 2P и AsAs = 2As, а отсюда слѣдуетъ, что частичная формула, соотвѣтствующая объему 2 литровъ, должна быть выражена черезъ $2 \times 2P = 4P$ и $2 \times 2As = 4As$. Другими словами: частицы фосфора и мышьяка оказываются четырехъ-атомными.

Пунктированныя линіи и вопросительные знаки у группы углерода достаточно указываютъ, что мы здѣсь находимся исключительно въ области гипотезы.

По образцу частичнаго равенства, выражающаго образованіе хлористоводородной кислоты, постараемся теперь превратить нѣкоторыя изъ нашихъ старыхъ атомныхъ равенствъ, выражающія

синтезъ другихъ сложныхъ газовъ, въ частичныя. Прежнее наше равенство образованія воды изъ ея элементовъ:

$$H_2 + O = H_2O$$

должно быть теперь замѣнено частичнымъ равенствомъ

$$2HH + OO = 2H_2O.$$

Подобнымъ образомъ, еслибы удалось прямо соединить водородъ и азотъ въ аммiакъ, то мы должны были бы выразить этотъ процессъ не атомнымъ равенствомъ

$$3H + N = H_3N,$$

а частичнымъ равенствомъ

$$3HH + NN = 2H_3N.$$

Едва ли нужно еще замѣтить, что точно такъ какъ построеніе частичныхъ равенствъ синтеза требуетъ выраженія элементовъ, вступающихъ въ соединеніе, въ частицахъ, а не въ атомахъ, такъ и построеніе частичныхъ равенствъ разложенія требуетъ выраженія освобождающихся элементовъ въ частицахъ. Такимъ образомъ атомныя равенства:

$$\begin{aligned} HCl + Na &= NaCl + H \\ H_2O + 2Na &= Na_2O + 2H \\ H_3N + 3Na &= Na_3N + 3H, \end{aligned}$$

которыя прежде выражали какъ разложеніе хлористоводородной кислоты, воды и аммiака натріемъ, должны быть превращены въ слѣдующія частныя равенства:

$$\begin{aligned} 2HCl + NaNa &= 2NaCl + HH \\ H_2O + NaNa &= Na_2O + HH \\ 2H_3N + 3NaNa &= 2Na_3N + 3HH. \end{aligned}$$

Въ первомъ и третьемъ атомномъ равенствѣ весь или часть потребленнаго натрія и выдѣленнаго водорода выражена въ атомахъ; во второй группѣ эти два равенства удвоены, такъ что потребленные атомы натрія и выдѣленные атомы водорода выражены въ нихъ двуатомными частицами. Этотъ типъ строенія,

какъ мы уже знаемъ, свойственъ водороду, но важныя основанія, выведенныя изъ аналогіи, дѣлаютъ его вѣроятнымъ и для свободнаго газообразнаго натрія. Среднія равенства согласны между собою въ обѣихъ группахъ равенствъ: это обстоятельство объясняется тѣмъ, что частица воды, — наименьшее количество воды, способное разлагаться, — требуетъ для своего разложенія 2 атома (= 1 частицѣ) натрія и выдѣляетъ 2 атома (= 1 частицѣ) водорода.

Слѣдующія двѣ группы атомныхъ и частичныхъ равенствъ представляютъ разложеніе воды и амміака хлоромъ.

Атомныя равенства:

$$H_2O + 2Cl = 2HCl + O$$
$$H_3N + 3Cl = 3HCl + N.$$

Частичныя равенства:

$$2H_2O + 2ClCl = 4HCl + OO$$
$$2H_3N + 3ClCl = 6HCl + NN.$$

Эти примѣры изъ ограниченной области нашихъ изслѣдованій могутъ служить намъ впослѣдствіи, при расширеніи круга разсматриваемыхъ явленій, точками опоры для построенія частичныхъ формулъ и равенствъ.

При составленіи частныхъ формулъ сложныхъ тѣлъ, которыхъ объемный вѣсъ въ газообразномъ состояніи не опредѣленъ, слѣдуетъ вообще сочетать элементы въ возможно меньшемъ количествѣ атомовъ, которые соотвѣтствовали бы составу найденному анализомъ. Само собою разумѣется, что въ частичныхъ формулахъ не должны встрѣчаться дроби атомовъ, потому что это значило бы дѣлить недѣлимое въ смыслѣ нашей гипотезы, на которой и должны основываться наши выраженія. По этимъ правиламъ составлены въ слѣдующей таблицѣ частичныя формулы соединеніи азота съ кислородомъ; правила эти оказались особенно важными при составленіи формулъ азотистаго и азотнаго ангидридовъ, которыхъ объемные вѣса неизвѣстны.

Частичныя формулы соединеній азота съ кислородомъ.

		Азота.		Кислорода.	
1 частица азотистой окиси	=	2 ат.	+	1 ат.	$= N_2O$
1 » азотной окиси	=	1 »	+	1 »	$= NO$
1 » азотистой кислоты	=	2 »	+	3 »	$= N_2O_3$
1 » азотноватой кислоты	=	1 »	+	2 »	$= NO_2$
1 » азотной кислоты	=	2 »	+	5 »	$= N_2O_5$.

Важность познанія частичнаго атомнаго строенія простыхъ и сложныхъ тѣлъ станетъ намъ яснѣе впослѣдствіи; но строгость объясненія матеріальныхъ явленій по атомистической теоріи для насъ уже теперь ощутительна. Эта теорія даетъ намъ самое удовлетворительное объясненіе опредѣленности и неизмѣняемости химическаго состава, равно какъ и того замѣчательнаго закона соединенія, который представляютъ элементы, соединяющіеся между собою болѣе чѣмъ въ одномъ отношеніи, т. е. правильнаго увеличенія вѣсоваго количества однаго элемента въ кратныхъ отношеніяхъ къ вѣсовому количеству этого элемента въ соединеніи, содержащемъ наименьшее количество его. Почему элементы обыкновенно соединяются между собою лишь въ небольшомъ количествѣ отношеній, почему соединенія становятся менѣе постоянными съ усложненіемъ отношеній, въ которыхъ соединяются элементы,— это также пытались объяснить помощью атомистической теоріи. Атомы могутъ вѣроятно соединяться въ одной частицѣ до извѣстнаго предѣла, а частицы, содержащія множество атомовъ должны легче распадаться, чѣмъ частицы построенныя проще изъ небольшаго числа атомовъ.

Выраженіе этихъ воззрѣній въ формулахъ простыхъ и сложныхъ тѣлъ, равно какъ и въ равенствахъ реакцій придаетъ новое значеніе нашему языку знаковъ, который такимъ образомъ долженъ существенно облегчать теоретическое объясненіе выражаемыхъ имъ явленій.

Мы должны еще замѣтить, что атомная и частичная формы выраженія имѣютъ каждая свои особенныя преимущества: первая болѣе сжата, но вторая выражаетъ больше фактовъ. Для возможно обширнаго выраженія отношеній тѣлъ, вступающихъ во взаимодѣйствіе или выдѣляющихся при ихъ взаимодѣйствіи, —для

выраженія отношеній по объему и вѣсу, необходима частичная форма выраженія; для выраженія же дѣйствующихъ другъ на друга тѣлъ и образующихся при этомъ продуктовъ лишь по вѣсу — что достаточно въ большей части случаевъ — можетъ служить простая атомная форма выраженія. Потому многіе химики вовсе не употребляютъ частичныхъ формулъ.

Постараемся изучить нашъ языкъ въ обоихъ направленіяхъ, такъ чтобы мы могли выражаться въ томъ и другомъ смыслѣ.

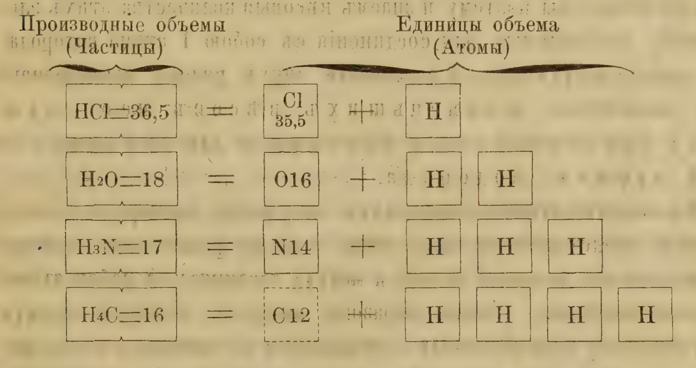
X.

Атомное строеніе частицъ типическихъ соединеній водорода. — Различіе двухъ рядовъ наименьшихъ вѣсовъ элементовъ. — Наименьшій вѣсъ, образующій частицы (атомный). — Наименьшій вѣсъ, связывающій атомы (эквивалентный). — Различная связывающая сила, различная значность элементарныхъ атомовъ, измѣряемая числомъ соединяющихся съ ними атомовъ водорода. — Однозначные, двузначные, трех-значные и четырех-значные элементарные атомы. — Значность атомовъ типическихъ элементовъ и ихъ аналоговъ. —Основанія естественной классификаціи элементовъ. —Различная значность элементовъ, поясненная примѣрами. — Образованіе типическихъ соединеній водорода. —Разложеніе іодистоводородной кислоты, воды, аммiака, болотнаго газа хлоромъ. — Разложеніе іодистоводородной кислоты хлоромъ и кислородомъ. — Переходъ одного соединенія въ другое вступленіемъ атома на мѣсто одного или нѣсколькихъ другихъ атомовъ. — Объемныя измѣненія, при этомъ происходящія, поясненныя сравненіемъ объемовъ хлористоводородной кислоты, водянаго пара, амміака и болотнаго газа, происходящихъ изъ даннаго объема водорода. — Соединяются ли элементы только въ отношенія значности ихъ атомовъ? — Объясненіе на этотъ вопросъ рядомъ соединеній азота съ кислородомъ. —Насыщенныя и ненасыщенныя соединенія.

Графическіе знаки, которыми мы до сихъ поръ выражали составъ нашихъ типическихъ соединеній, получили новое значеніе въ смыслѣ частичнаго и атомнаго строенія элементовъ. Двойные квадраты, которыми мы до сихъ поръ выражали *двулитровые* производные объемы соединеній, представляютъ намъ теперь ихъ частицы, между тѣмъ какъ отдѣльные квадраты, которыми мы до сихъ поръ выражали *однолитровыя* единицы объема, представляютъ намъ теперь атомы элементовъ.

Въ слѣдующей таблицѣ двулитровые производные объемы или, выражаясь въ смыслѣ нашихъ постоянныхъ воззрѣній, частицы нашихъ четырехъ типическихъ соединеній поставлены рядомъ съ однолитровыми единицами объема или, въ смыслѣ нашихъ настоящихъ воззрѣній, съ атомами ихъ составныхъ элементовъ. Атомы хлора, кислорода, азота и углерода помѣщены во второмъ или среднемъ столбцѣ нашей таблицы, между тѣмъ какъ соединенные съ этими элементами атомы водорода помѣщены направо, а частицы соединеній — налѣво.

Частичное и атомное строеніе четырехъ типическихъ соединеній водорода.



Разсматривая эту таблицу, насъ сразу поражаетъ, что атомы хлора, кислорода, азота и углерода, представленные въ среднемъ столбцѣ, соединяются съ неодинаковыми количествами атомовъ водорода для образованія частицъ хлористоводородной кислоты, воды, амміака и болотнаго газа.

Далѣе мы видимъ, что атомы элементовъ, соединенные съ водородомъ въ одинаково-объемныя частицы соединеній, представляютъ далеко не одинаковые вѣса; вѣсъ атома хлора = 35,5, атома кислорода = 16, атома азота = 14, а атома углерода = 12. Мы не можемъ оставить безъ вниманія то обстоятельство, что самый важный изъ атомовъ въ нашемъ среднемъ столбцѣ (Cl = 35,5) соединяется съ наименьшемъ количествомъ атомовъ водорода, именно съ 1 атомомъ, между тѣмъ какъ другіе три атома (O = 16, N = 14, C =

12), чѣмъ меньше вѣсъ ихъ, тѣмъ съ большимъ количествомъ атомовъ водорода они соединяются, именно 2, 3 и 4 атомами.

Другими словами, для принятія 1 атома водорода требуется вся сила соединенія атома хлора (35,5), между тѣмъ какъ сила соединенія атома кислорода (16) можетъ притягивать 2 атома водорода, а сила соединенія атома азота и углерода (14 и 12) можетъ притягивать 3 и 4 атома водорода.

Такимъ образомъ таблица представляетъ наши четыре элементы средняго столбца въ двухъ, совершенно различныхъ химическихъ отношеніяхъ. Она представляетъ намъ во-первыхъ вѣсовыя количества этихъ элементовъ, которыя участвуютъ въ образованіи частицы водородистыхъ соединеній, во вторыхъ количества атомовъ водорода, которыя означенныя вѣсовыя количества элементовъ могутъ соединять съ собою; мы поэтому и знаемъ вѣсовыя количества этихъ элементовъ, необходимыя для соединенія съ собою 1 атома водорода. Эти данныя ведутъ насъ къ различенію двухъ рядовъ наименьшаго вѣса элементовъ: наименьшихъ вѣсовъ: необходимыхъ для образованія частицъ и для соединенія съ 1 атомомъ водорода.

Неравенство атомосоединяющихъ силъ хлора, кислорода, азота и углерода представляется намъ очень ясно по различнымъ количествамъ атомовъ водорода, которыя могутъ соединять съ собою атомы этихъ элементовъ. Такимъ образомъ водородъ, который служитъ намъ единицею вѣса объемныхъ, атомныхъ и частичныхъ вѣсовъ, можетъ служить намъ и масштабомъ силы соединенія атомовъ. Въ слѣдующей таблицѣ представлены наименьшіе вѣса элементовъ, преимущественно занимавшихъ насъ до сихъ поръ, необходимые для образованія частицъ и для соединенія 1 атома водорода.

Элементы.		Наименьшіе вѣса.		Отношеніе между величинами 3-го и 4-го столбца.
Названія.	Знаки.	Для образованія частицы.	Для соединенія атома водорода.	
1.	2.	3.	4.	5.
Водородъ.	H	1	1	$\frac{1}{1}=1$
Хлоръ.	Cl	35,5	35,5	$\frac{35,5}{35,5}=1$
Кислородъ	O	16	8	$\frac{16}{8}=2$
Азотъ	N	14	4,66	$\frac{14}{4,66}=3$
Углеродъ.	C	12	3	$\frac{12}{3}=4$

Третій столбецъ таблицы представляетъ наименьшіе вѣса означенныхъ элементовъ, образующіе частицы, т. е. вѣса, въ которыхъ они замѣщаютъ другъ друга, когда участвуютъ въ образованіи частицъ; четвертый столбецъ представляетъ атомъ-соединяющіе вѣса элементовъ, т. е. вѣса, въ которыхъ они замѣщаютъ другъ друга, соединяясь съ 1 атомомъ нашего нормальнаго элемента; наконецъ пятый столбецъ таблицы представляетъ отношенія цифръ третьяго и четвертаго столбца. Значеніе этихъ отношеній мы сейчасъ разъяснимъ.

Обратимся прежде къ послѣднему элементу таблицы—углероду. Мы видимъ, что наименьшій вѣсъ его, участвующій въ образованіи частицы $=12$, между тѣмъ какъ наименьшій вѣсъ его, необходимый для соединенія съ собою нашего нормальнаго атома $=3$. Дѣйствительно, вы помните, что при изслѣдованіи болотнаго газа мы нашли въ его производномъ объемѣ (частицѣ) 12 частей по вѣсу углерода, и эти 12 частей по вѣсу углерода соединяли съ собою, въ частицѣ газа, 4 части по вѣсу, т. е. 4 атома водорода; поэтому для соединенія 1 атома водорода требуются $\frac{12}{4}=3$ части по вѣсу углерода.

Подобное соображеніе примѣнимо и для азота. Мы видимъ, что наименьшій вѣсъ его, необходимый для образованія частицъ = 14, а для соединенія нашего нормальнаго азота $= \frac{14}{3} = 4,66$.

Для кислорода оба наименьшіе вѣса суть 16 и $\frac{16}{2} = 8$, между тѣмъ какъ для хлора, который соединяетъ лишь 1 нормальный атомъ, оба эти значенія совпадаютъ.

Первый изъ этихъ двухъ рядовъ чиселъ,—рядъ наименьшихъ вѣсовъ, образующихъ частицы,—представляетъ въ тоже время рядъ атомныхъ вѣсовъ элементовъ; второй рядъ чиселъ,—рядъ наименьшихъ вѣсовъ, соединяющихъ атомъ водорода, — часто называютъ рядомъ эквивалентныхъ вѣсовъ элементовъ. Мы можемъ принять это названіе, но при этомъ не должны забывать, что это названіе въ извѣстномъ смыслѣ приложимо и къ первому ряду.

Мы встрѣтили бы значительныя затрудненія, если бы захотѣли выразить оба ряда значеній двумя рядами знаковъ. Мы не избѣгли бы при этомъ сильной путаницы. Но не трудно вмѣщать оба значенія въ одномъ выраженіи.

Для этого достаточно приставлять къ атомнымъ вѣсамъ третьяго столбца нашей таблицы коэффиціенты, выражающіе для каждаго элемента силу соединенія нормальныхъ атомовъ, — другими словами, приставлять къ атомнымъ вѣсамъ элементовъ какіе нибудь знаки, выражающіе сколько нормальныхъ атомовъ можетъ соединять атомъ даннаго элемента. Для этой цѣли могутъ служить намъ частныя пятаго столбца нашей таблицы. Эти частныя и представляютъ намъ требуемые коэффиціенты, и если мы ихъ приставимъ римскими цифрами въ видѣ показателей къ атомнымъ вѣсамъ, то они и выразятъ намъ количества нормальныхъ атомовъ, какія могутъ соединять эти вѣса.

Такимъ образомъ атомный вѣсъ хлора (35,5) мы можемъ писать $35,5^{I}$, а атомный вѣсъ кислорода (16) — 16^{II}, атомные вѣса азота и углерода (14 и 12) — 14^{III} и 12^{IV}; но для еще большей краткости мы приставляемъ коэффиціенты, выражающіе силу соединенія атомовъ прямо къ нашимъ знакамъ, выражающимъ атомные вѣса, такъ что знаки

$$Cl^{I},\ O^{II},\ N^{III},\ C^{IV}$$

выражаютъ намъ всю сумму знанія, пріобрѣтеннаго изученіемъ законовъ соединенія элементовъ.

Нѣкоторые химики приставляютъ къ знакамъ вмѣсто римскихъ цифръ соотвѣтственныя количества черточекъ. Для небольшихъ коеффиціентовъ это обозначеніе не менѣе удобно; но если коеффиціентъ больше трехъ, то удобнѣе употреблять римскія цифры, потому что ихъ легче читать и писать. Для однообразія мы будемъ всюду употреблять римскія цифры.

Мы не имѣемъ краткаго и точнаго названія для атомо-соединяющей силы элементовъ; неточное и не особенно благозвучное названіе «атомность» очевидно вошло въ употребленіе по недостатку лучшаго названія; соотвѣтственно этому названію раздѣляютъ элементы на одноатомные, двуатомные, трехатомные и четырех-атомные, смотря потому соединяютъ ли ихъ атомы 1, 2, 3 или 4 нормальныхъ атома. Но эти обозначенія неудобны, потому что они могутъ подать поводъ къ недоразумѣніямъ, такъ какъ эти же обозначенія могутъ еще съ большимъ правомъ служить для выраженія атомнаго строенія частицъ (ср. стр. 144 и 147). Мы поэтому должны искать другаго обозначенія, — замѣнить слово «атомность» уже часто предположеннымъ словомъ «значность», которое мы можемъ латинизировать словомъ «Quantivalenz».

Такимъ образомъ мы можемъ говорить о значности элементовъ и различать однозначные, двузначные, трехзначные и четырехзначные (одновалентные, двувалентные, трех-валентные и четырех-валентные) элементы, смотря потому, соединяютъ ли ихъ атомы 1, 2, 3 или 4 нормальныхъ атома. Что касается наименьшихъ вѣсовъ, образующихъ частицы, то мы можемъ называть ихъ безразлично то атомными, то соединяющимися вѣсами. Эти выраженія, извѣстныя намъ уже изъ предъидущаго, совпадаютъ, какъ мы помнимъ, для летучихъ элементовъ, за нѣкоторыми исключеніями, съ объемными или удѣльными вѣсами газовъ.

Но какія названія мы ни избрали бы, оба ряда химическихъ значеній рѣзко отличаются другъ отъ друга. Дѣйствительно, неодинаковая сила соединенія атомовъ даетъ совсѣмъ другой характеръ каждому изъ разсматриваемыхъ четырехъ элементовъ, который, какъ должно ожидать, мы также находимъ въ столькихъ же

группахъ элементовъ, такъ что неодинаковая значность элементарныхъ атомовъ представляетъ новое основанie для опытной классификацiи простыхъ тѣлъ.

Однозначному хлору (Cl^{I}) соотвѣтствуютъ бромъ и iодъ, которыхъ однозначные атомы обозначаемъ чрезъ Br^{I} и I^{I}. Подобнымъ образомъ двузначному атому кислорода (O^{II}) соотвѣтствуютъ двузначные атомы сѣры (S^{II}) и селена (Se^{II}). Трехзначному атому азота (N^{III}) соотвѣтствуютъ трехзначные атомы фосфора (P^{III}) и мышьяка (As^{III}). Наконецъ четырехзначный углеродъ (C^{IV}) представляетъ первый членъ группы, къ которой принадлежатъ четырехзначные атомы кремнiя (Si^{IV}) и титана (Ti^{IV}).

Слѣдующая таблица этихъ четырехъ группъ одинаково значныхъ элементовъ представляетъ, кромѣ извѣстныхъ намъ уже атомныхъ и частичныхъ вѣсовъ, и значность элементовъ.

Таблица атомныхъ и частичныхъ вѣсовъ различныхъ элементовъ съ коэффицiентами ихъ значности:

Названiя элементовъ.	Атомы.		Частицы.	
	Знаки.	Вѣса.	Знаки.	Вѣса.
Водородъ	H	1	H H	2
Хлоръ	Cl^{I}	35,5	$Cl^{I}\,Cl^{I}$	71
Бромъ	Br^{I}	80	$Br^{I}\,Br^{I}$	160
Iодъ	I^{I}	127	$I^{I}\,I^{I}$	254
Кислородъ	O^{II}	16	$O^{II}\,O^{II}$	32
Сѣра	S^{II}	32	$S^{II}\,S^{II}$	64
Селенъ	Se^{II}	79	$Se^{II}\,Se^{II}$	158
Азотъ	N^{III}	14	$N^{III}\,N^{III}$	28
Фосфоръ	P^{III}	31	$P^{III}\,P^{III}\,P^{III}\,P^{III}$	124
Мышьякъ	As^{III}	75	$As^{III}\,As^{III}\,As^{III}\,As^{III}$	300
Углеродъ	C^{IV}	12	$C^{IV}\,C^{IV}$?	24
Кремнiй	Si^{IV}	28,5	$Si^{IV}\,Si^{IV}$?	57
Титанъ	Ti^{IV}	50	$Ti^{IV}\,Ti^{IV}$?	100

Понятно, что выраженія однозначные, двузначные и т. д. обусловливаются характеромъ элемента, который мы выражали мѣриломъ силы соединенія атомовъ. Еслибы вмѣсто водорода, мы выбрали кислородъ мѣриломъ значности, тогда атомъ водорода, представляющій лишь половину атомо-соединяющей силы кислорода, былъ бы полузначенъ, а атомъ азота, представляющій $^3/_2$ атомо-содержащей силы кислорода, былъ бы полуторазначенъ, наконецъ атомъ углерода, съ двойною атомосодержащей силой сравнительно съ кислородомъ, былъ бы двузначенъ. Хотя относительная значность атомовъ была бы не менѣе ясна и при этомъ мѣрилѣ, но изъ четырехъ выраженій два представляли бы дроби, — обстоятельство, которое сильно нарушало бы легкую сравнительность значности. Если бы мы выражали мѣриломъ значности трех-значный или четырех-значный элементъ, напр. азотъ и углеродъ, то число дробныхъ выраженій было бы еще больше, что еще сильнѣе нарушало бы легкую сравнимость значности. Уже по этой одной причинѣ водородъ долженъ служить мѣриломъ значности, еслибы даже этотъ элементъ и не представлялъ вообще особенный характеръ и еслибы знаніе различной значности элементарныхъ атомовъ и не развилось преимущественно изъ изученія водородныхъ соединеній.

Выраженія значность, однозначные, двузначные, трехзначные и четырехзначные, которыми мы выражали атомо-соединяющую силу элементовъ и различную степень этой силы въ различныхъ элементахъ, основываются на сравненіи между собою атомовъ относительно способности къ производству извѣстной работы. Въ разсмотрѣнныхъ нами примѣрахъ эта работа — переведеніе водорода въ соединенія. Если мы находимъ, что, между тѣмъ какъ 1 атомъ хлора производитъ эту работу съ 1 атомомъ водорода, 1 атомъ кислорода, 1 атомъ азота и 1 атомъ углерода переводятъ въ соединенія 2, 3 и 4 атома водорода, то мы говоримъ, что эти три атома представляютъ двойную, тройную и четверную способность къ этой работѣ сравнительно съ атомомъ хлора, — что ясно выражается въ часто приведенныхъ формулахъ:

$$HCl^{I},\quad H_2O^{II},\quad H_3N^{III} \text{ и } H_4C^{IV}.$$

Различная способность къ работѣ нашихъ четырехъ типическихъ элементарныхъ атомовъ измѣряется тутъ числами атомовъ водорода, которые переводятся въ соединенія этими элементарными атомами.

Не менѣе ясно представляется намъ эта различная способность къ работѣ различныхъ атомовъ, при разложеніи ихъ соединеній какимъ нибудь элементомъ. Значность элементовъ измѣряется въ этомъ случаѣ числомъ атомовъ разлагающаго элемента.

Вспомнимъ разложеніе воды, амміака и болотнаго газа хлоромъ, при чемъ водородъ, общій этимъ тремъ соединеніямъ, превращается въ хлористоводородную кислоту, съ выдѣленіемъ кислорода, азота и углерода. Подобнымъ образомъ мы можемъ разложить хлоромъ и іодистоводородную кислоту, съ которою мы уже познакомились мимоходомъ, при чемъ также образуется хлористоводородная кислота и выдѣляется іодъ. Представимъ еще разъ эти четыре разложенія въ равенствахъ, которыя мы напишемъ въ атомной формѣ для нашей настоящей цѣли.

Дѣйствіе хлора на:

Іодистоводородную кислоту . . $HI^{I} + Cl^{I} = HCl^{I} + I^{I}$

Воду . . . . $\left.\begin{matrix}H\\H\end{matrix}\right\} O^{II} + \begin{matrix}Cl^{I}\\Cl^{I}\end{matrix} = \begin{matrix}HCl^{I}\\HCl^{I}\end{matrix} + O^{II}$

Амміакъ . . . . $\left.\begin{matrix}H\\H\\H\end{matrix}\right\} N^{III} + \begin{matrix}Cl^{I}\\Cl^{I}\\Cl^{I}\end{matrix} = \begin{matrix}HCl^{I}\\HCl^{I}\\HCl^{I}\end{matrix} + N^{III}$

Болотный газъ . . . . $\left.\begin{matrix}H\\H\\H\\H\end{matrix}\right\} C^{IV} + \begin{matrix}Cl^{I}\\Cl^{I}\\Cl^{I}\\Cl^{I}\end{matrix} = \begin{matrix}HCl^{I}\\HCl^{I}\\HCl^{I}\\HCl^{I}\end{matrix} + C^{IV}$

Для выдѣленія однозначнаго іода изъ его соединенія требуется однозначный атомъ хлора; двузначность атома кислорода, трехзначность атома азота и четырехзначность атома углерода измѣряются числами атомовъ хлора 2, 3, 4, требуемыхъ для ихъ выдѣленія.

Далѣе, мы могли бы сравнивать числа атомовъ одного и того же элемента, выдѣляемыхъ изъ ихъ соединеній дѣйствіемъ раз-

личныхъ другихъ элементовъ. Іодистоводородная кислота разлагается съ выдѣленіемъ іода не только хлоромъ, но и кислородомъ.

Разложеніе іодистоводородной кислоты:

Хлоромъ . . . . $HI^{I} + Cl^{I} = HCl^{I} + I^{I}$,

Кислородомъ . . . . $\begin{matrix} HI^{I} \\ HI^{I} \end{matrix} + O^{II} = \left.\begin{matrix} H \\ H \end{matrix}\right\} O^{II} + \begin{matrix} I^{I} \\ I^{I}. \end{matrix}$

Здѣсь, какъ и прежде, однозначный атомъ хлора вытѣсняетъ 1 однозначный атомъ іода, а двузначный атомъ кислорода вытѣсняетъ 2 однозначныхъ атома іода. Атомъ кислорода, значитъ, и здѣсь производитъ двойную работу сравнительно съ атомомъ хлора.

Разсмотрѣнныя разложенія представляютъ намъ значность атомовъ еще въ другой формѣ. При выдѣленіи іода изъ іодистоводородной кислоты хлоромъ и кислородомъ, водородъ переходитъ въ хлористоводородную кислоту и воду. Эти факты нерѣдко выражаютъ, говоря: при разложеніи іодистоводородной кислоты 1 атомъ хлора з а м ѣ щ а е т ъ 1 атома іода, или, 1 атомъ іода з а м ѣ щ а е т с я 1 атомомъ хлора. Подобнымъ образомъ можно выразить разложеніе воды, амміака и болотнаго газа хлоромъ з а м ѣ щ е н і е м ъ двузначнаго атома кислорода, трехзначнаго атома азота и четырехзначнаго атома углерода 2, 3 и 4 однозначными атомами хлора. Наконецъ, въ смыслѣ нашего частичнаго ученія о матеріи, можно допустить, что образованіе соединеній изъ элементовъ происходитъ замѣщеніемъ части атомовъ одной элементарной частицы атомами другой. Въ этомъ смыслѣ переходъ водорода въ хлористоводородную кислоту, воду, амміакъ и болотный газъ долженъ состоять въ простомъ обмѣнѣ атомовъ частицъ хлора, кислорода, азота и углерода съ атомами надлежащаго количества частицъ водорода. Въ этомъ смыслѣ и говорятъ, что образованіе хлористоводородной кислоты происходитъ замѣщеніемъ 1 атома 1 частицы водорода 1 атомомъ хлора, образованіе воды происходитъ замѣщеніемъ 2 атомовъ 2 частицъ водорода 1 атомомъ кислорода, образованіе амміака — замѣщеніемъ 3 атомовъ 3

частицъ водорода однимъ атомомъ азота, образованіе болотнаго газа — замѣщеніемъ 4 атомовъ 4 частицъ водорода 1 атомомъ углерода и. т. д.

Этотъ способъ выраженія, въ которомъ не менѣе ясно выказывается разнозначность элементарныхъ атомовъ, вполнѣ справедливъ. При этомъ однако необходимо строго отличать замѣщеніе по значности атомовъ отъ замѣщенія по объему. Представляя напр. себѣ образованіе болотнаго газа замѣщеніемъ 4 атомовъ 4 частицъ водорода 1 атомомъ углерода, мы не должны думать,— заблужденіе, въ которое могъ бы ввести насъ способъ выраженія, — что тутъ произошло замѣщеніе и по объему, что пространство, занятое прежде 4 атомами водорода, наполнено теперь углеродомъ, —другими словами, что замѣщеніемъ 4 атомовъ водорода 1 атомомъ углерода объемъ 4 частицъ водорода не измѣнится. Вспомнимъ, что по развитымъ нами воззрѣніямъ о строеніи матеріи частицы простыхъ тѣлъ имѣютъ одинаковую величину съ частицами соединеній; поэтому объемъ 4 частицъ водорода при ихъ переходѣ въ 1 частицу болотнаго газа, замѣщеніемъ 4 атомовъ водорода 1 атомъ углерода, необходимо долженъ сократиться на одну четверть. Подобныя, хотя меньшія, сокращенія объемовъ должны происходить при замѣщеніи 3 однозначныхъ атомовъ 1 трехзначнымъ атомомъ или 2 однозначныхъ атомовъ 1 двузначнымъ атомомъ. Лишь при замѣщеніяхъ между собою одинаково значныхъ атомовъ происходятъ и замѣщенія по объему.

Разсмотримъ ближе нѣсколько примѣровъ замѣчательныхъ измѣненій объема водорода при его переходѣ въ соединенія, замѣщеніемъ его атомовъ элементарными атомами различной значности.

Слѣдующая таблица представляетъ въ первомъ столбцѣ извѣстный объемъ водорода (12 частицъ), а въ слѣдующихъ столбцахъ переходъ этого водорода въ болотный газъ, амміакъ, воду и хлористоводородную кислоту, дѣйствіемъ углерода, азота, кислорода и хлора. Второй столбецъ таблицы представляетъ гипотетическій объемъ углероднаго газа (3 частицы), требуемый для превращенія водорода перваго столбца въ болотной газъ, и объемъ образующагося болотнаго газа (6 частицъ). Подобнымъ образомъ третій столбецъ представля-

етъ объемъ азота (4 частицы), требуемый для превращенія водорода перваго столбца въ аммiакъ, и объемъ образующагося аммiака (8 частицъ); четвертый столбецъ представляетъ объемъ кислорода (6 частицъ), требуемый для превращенія водорода перваго столбца въ воду, и объемъ образующейся воды (12 частицъ); наконецъ пятый столбецъ представляетъ объемъ хлора (12 частицъ), требуемый для образованія хлористоводородной кислоты, и объемъ образующейся хлористоводододной кислоты (24 частицы).

Измѣненіе объема элемен

Измѣненіе объема водород

Водородъ.	Углеродъ.	Болотный газъ.	Азотъ.	Амміі
H H	C C	H_4C	N N	H_3 N
H H	C C	H_4C	N N	H_3 N
H H	C C	H_4C	N N	H_3 N
H H		H_4C	N N	H_3 N
H H		H_4C		H_3 N
H H		H_4C		H_3 N
H H				H_3 N
H H				H_3 N
H H				
H H				
H H				
H H				

ПЕРЕХОДѢ ВЪ СОЕДИНЕНІЯ.

ереходѣ въ соединенія,

лородъ.	Вода.	Хлоръ.	Хлористоводородная кислота.	
O O	H_2O	Cl Cl	H Cl	H Cl
O O	H_2O	Cl Cl	H Cl	H Cl
O O	H_2O	Cl Cl	H Cl	H Cl
O O	H_2O	Cl Cl	H Cl	H Cl
O O	H_2O	Cl Cl	H Cl	H Cl
OO	H_2O	Cl Cl	H Cl	H Cl
	H_2O	Cl Cl	H Cl	H Cl
	H_2O	Cl Cl	H Cl	H Cl
	H_2O	Cl Cl	H Cl	H Cl
	H_2O	Cl Cl	H Cl	H Cl
	H_2O	Cl Cl	H Cl	H Cl
	H_2O	Cl Cl	H Cl	H Cl

Эта таблица показываетъ намъ, что соединеніе 24 литровъ водорода съ 6 литрами углероднаго газа (?) представляетъ сокращенный объемъ въ 12 литровъ; что соединеніе этого водорода съ 8 литрами азота тоже перетерпѣваетъ значительное, хотя меньшее сокращеніе объема, — оно представляетъ объемъ въ 16 литровъ; что водяной паръ (24 литра), происходящій отъ соединенія 24 литровъ водорода съ 12 литрами кислорода, представляетъ первоначальный объемъ водорода; что, наконецъ, при дѣйствіи 24 литровъ хлора на 24 литра водорода образуется 48 литровъ хлористоводородной кислоты.

Еслибы можно было вывести общее заключеніе изъ измѣненій объема водорода при его соединеніи съ углеродомъ, азотомъ, кислородомъ и хлоромъ, то мы получили бы слѣдующія простыя отношенія объемовъ:

1 объемъ однозначнаго элемента соединяется съ

1	об.	однозначнаго элемента	и даетъ	2	об.	соединенія,
$^1/_2$	»	двузначнаго »	»	1	»	»
$^1/_3$	»	трехзначнаго »	»	$^2/_3$	»	»
$^1/_4$	»	четырехзначнаго »	»	$^1/_2$	»	»

Такимъ образомъ объемъ образующагося соединенія равенъ двойному объему элемента, соединяющагося съ водородомъ.

Или, если относить объемъ образуемаго соединенія къ общему объему составныхъ частей, тогда отношеніе объема соединенія къ объему составныхъ частей при соединеніи однозначнаго элемента съ

однозначнымъ элементомъ	$= 1$,
двузначнымъ »	$= ^2/_3$,
трехзначнымъ »	$= ^1/_2$,
четырехзначнымъ »	$= ^2/_5$,

Данныя о неодинаковой значности элементарныхъ атомовъ выведены нами изъ сравненія различныхъ атомо-соединяющихъ силъ элементовъ; основаніемъ этого сравненія служили намъ особенно соединенія водорода. Теперь спрашивается, приходятъ ли во всѣхъ соединеніяхъ эти атомо-содержащія силы въ полное дѣйствіе? Другими словами, долженъ ли двузначный атомъ соединяться

всегда съ двумя однозначными атомами, т. е. съ наибольшимъ количествомъ атомовъ, съ которымъ онъ можетъ соединяться по своей значности, долженъ ли трехзначный атомъ соединяться всегда съ тремя однозначными атомами, четырехзначный атомъ— съ четырьмя однозначными атомами? Или возможны соединенія, въ которыхъ многозначные атомы соединяются съ меньшимъ количествомъ атомовъ, чѣмъ сколько соотвѣтствуетъ ихъ значности? Не выйдемъ и теперь изъ извѣстной намъ области и спросимъ: можетъ ли атомъ кислорода соединяться менѣе чѣмъ съ 2 атомами водорода, а атомы азота и углерода — менѣе чѣмъ съ 3 и 4 атомами водорода? Другими словами, рядомъ съ соединеніями

$$H_2O,\ H_3N \text{ и } H_4C$$

возможны ли и соединенія состава

$$\begin{array}{ccc} HO, & H_2N & \text{и } H_3C \\ & HN & H_2C \\ & & HC. \end{array}$$

Эти соединенія до сихъ поръ не найдены, но нѣтъ причины отрицать возможность ихъ существованія. Еслибы элементы соединялись всегда лишь въ отношеніяхъ, соотвѣтственныхъ значности ихъ атомовъ, то между двумя элементами возможно было бы лишь одно соединеніе. Но мы уже знаемъ элементы, соединяющіеся между собою во многихъ отношеніяхъ. Азотъ, какъ мы видѣли (ср. стр. 105), образуетъ съ кислородомъ не меньше пяти различныхъ соединеній. Одинъ взглядъ на формулы этихъ соединеній, къ знакамъ которыхъ мы теперь приставляемъ соотвѣтственные коеффиціенты значности,

$$N^{III}_2O^{II},\ N^{III}O^{II},\ N^{III}_2O^{II}_3,\ N^{III}O^{II}_2,\ N^{III}_2O^{II}_5.$$

показываетъ намъ, что между пятью этими соединеніями лишь одно соотвѣтствуетъ значности соединенныхъ элементарныхъ атомовъ. Это соединеніе есть средній членъ нашего ряда, извѣстный подъ названіемъ азотистой кислоты, въ которомъ 2 атома азота, съ атомо - соединяющею силой въ $2 \times III = VI$, соединены съ 3 атомами кислорода, которыхъ атомо - соединяющая сила также

3 × II = VI. По обѣимъ сторонамъ этого соединенія, въ которомъ атомо-соединяющія силы азота и кислорода взаимно уравновѣшиваются, или, какъ часто говорятъ, насыщаются, находятся по два соединенія, не представляюшія такого уравновѣшенія, такого насыщенія атомо-соединяющихъ силъ. Въ соединеніи самомъ бѣдномъ кислородомъ, закиси азота, атомо-соединяющая сила атомовъ азота (2 × III = VI) превосходитъ атомо-соединяющую силу атома кислорода (II) въ отношеніи 3 : 1; во второмъ соединеніи, окиси азота, атомо-соединяющая сила атома азота (III) превосходитъ атомо-соединяющую силу атома кислорода (II) въ отношеніи 3 : 2; въ азотноватой кислотѣ, находящемся по другой сторонѣ азотистой кислоты, атомо-соединяющая сила атомовъ кислорода (2 × II = IV) превосходитъ атомо-соединяющую силу атома азота въ отношеніи 3 : 2; наконецъ въ азотной кислотѣ атомо-соединяющая сила атомовъ кислорода (5 × II = X) превосходитъ атомо-соединяющую силу атомовъ азота въ отношеніи 5:2. Соединенія, въ которыхъ атомо-соединяющія силы атомовъ взаимно уравновѣсились, называютъ насыщенными, въ противуположность къ ненасыщеннымъ соединеніямъ, которыя не представляютъ такого взаимнаго уравновѣшенія атомо-соединяющихъ силъ. Въ этомъ смыслѣ азотистая кислота — единственное насыщенное соединеніе азота съ кислородомъ; закись и окись азота съ одной стороны, — азотноватая и азотная кислоты съ другой стороны суть ненасыщенныя соединенія.

Разсматривая рядъ соединеній двухъ элементовъ между собою, изъ которыхъ, разумѣется, лишь одно можетъ быть насыщеннымъ въ развитомъ нами смыслѣ, мы справедливо ожидаемъ особенно легкаго образованія насыщеннаго соединенія, равно какъ и стремленія ненасыщенныхъ соединеній переходить въ насыщенныя. Возвращаясь къ нашему примѣру, къ соединеніямъ азота и кислорода, дѣйствительно оказывается, что оба эти элемента особенно легко образуютъ азотистую кислоту. Если пропускать въ продолженіе нѣкотораго времени струю искръ индукціоннаго аппарата черезъ шаръ, наполненный воздухомъ (азотомъ и кислородомъ), то онъ скоро наполняется красными парами азотистой кислоты. Что касается постоянства азотистой кислоты, то она въ этомъ отношеніи едва удовлетворяетъ нашимъ ожиданіямъ. Съ другой

стороны мы уже въ прежнихъ нашихъ опытахъ видѣли, что нѣкоторыя ненасыщенныя соединенія азота съ кислородомъ дѣйствительно переходятъ въ азотистый ангидридъ. Мы помнимъ съ какою жадностью окись азота, съ избыткомъ атомо-соединяющей силы (III — II = I) на сторонѣ азота, поглощаетъ кислородъ воздуха и превращается въ азотистую кислоту (ср. стр. 104); мы помнимъ, что азотную кислоту, съ избыткомъ атомо-соединяющей силы (X — VI = IV) на сторонѣ кислорода, отдаетъ избытокъ кислорода уже подъ вліяніемъ теплоты и особенно легко нѣкоторымъ металламъ напр. серебру. Такимъ образомъ въ извѣстныхъ предѣлахъ дѣйствительно наблюдаютъ явленія, соотвѣтственныя ученію объ атомо-соединяющихъ силахъ элементарныхъ атомовъ. Но намъ извѣстны уже и нѣкоторыя явленія, которыя по крайней мѣрѣ съ перваго взгляда не соотвѣтствуютъ этому ученію. Если сильное притяженіе окиси азота къ кислороду зависитъ отъ избытка въ этомъ соединеніи атомо-соединяющей силы (III—II=I) на сторонѣ азота, то это притяженіе должно было бы быть еще сильнѣе въ закиси азота, которой азотъ представляетъ еще большій избытокъ атомо-соединяющей силы (2 × III — II = IV). Между тѣмъ въ закиси азота мы не видимъ ни малѣйшей склонности поглощать кислородъ и переходить въ азотистую кислоту. Такимъ образомъ здѣсь играютъ роль и другія условія, которыхъ мы до сихъ поръ не могли принять во вниманіе.

Мы не можемъ прослѣдить здѣсь этотъ предметъ въ подробности. Мы не имѣемъ пока въ нашемъ распоряженіи достаточнаго количества фактовъ, на которыхъ мы могли бы опираться при спеціальномъ изложеніи этого привлекательнаго предмета. Мы познакомимся съ этими фактами лишь тогда, когда выступимъ изъ тѣсной области опытовъ, за границы которой мы до сихъ поръ нарочно не выходили; пока для насъ достаточно знакомство съ общими чертами этой новой, едва раскрытой области изслѣдованія, въ которой съ особенною любовью двигается современная химія.

XI.

Примѣняются ли выведенные для 13 элементовъ законы соединенія и къ остальнымъ 49 элементамъ?—Способы опредѣленія атомныхъ вѣсовъ элементовъ, не переходящихъ въ пары и не образующихъ соединеній съ водородомъ. — Употребленіе для этой цѣли летучихъ хлористыхъ соединеній.— Разсмотрѣніе хлористыхъ соединеній кислорода, азота, углерода, іода, сѣры, фосфора и кремнія. — Употребленіе летучихъ соединеній азота и кислорода для опредѣленія атомныхъ вѣсовъ. — Опредѣленіе атомныхъ вѣсовъ натрія и калія посредствомъ одного анализа по вѣсу. — Опредѣленіе атомныхъ вѣсовъ ртути, висмута, и олова изъ анализа по вѣсу и опредѣленіе вѣса паровыхъ хлористыхъ соединеній. — Объемный и частичный вѣсъ ртути. — Согласованіе атомнаго и частичнаго вѣса для ртути и кадмія.— Сравненіе атомнаго строенія частицъ водорода, хлора, фосфора, мышьяка, ртути и кадмія.—Одно-атомныя, двух-атомныя и четырех-атомныя частицы.— Невѣрность атомнаго опредѣленія химическимъ путемъ.—Физическія вспомогательныя средства для опредѣленія атомныхъ вѣсовъ. — Опредѣленіе теплоемкости. — Кристаллографическія опредѣленія. — Изоморфизмъ. — Таблица атомныхъ вѣсовъ элементовъ. — Таблица атомныхъ, объемныхъ и частичныхъ вѣсовъ элементовъ въ газообразномъ состояніи.

Мы вывели наши понятія о характерѣ элементовъ, объ отношеніяхъ, въ которыхъ они соединяются между собою по объему и вѣсу, объ ихъ частично-образующихъ и атомо-соединяющихъ силахъ, изъ изученія весьма ограниченнаго числа типическихъ тѣлъ и ихъ ближайшихъ аналоговъ. Мы обратили особенное вниманіе на водородъ, какъ на нормальный элементъ, который давалъ намъ всѣ единицы сравненія; вмѣстѣ съ водородомъ насъ занимали элементы хлоръ, кислородъ, азотъ и углеродъ, каждый съ не большимъ числомъ аналоговъ, въ суммѣ не больше 13 элементовъ. Надъ изученіемъ этихъ элементовъ развились всѣ наши

воззрѣнія, надъ ними мы образовали нашъ простой языкъ знаковъ, который съ одной стороны сильно помогалъ нашимъ изслѣдованіямъ, съ другой стороны давалъ намъ возможность выражать результаты нашихъ изслѣдованій въ краткихъ и ясныхъ чертахъ.

Мы должны выйти теперь изъ этого ограниченнаго круга наблюденія и испытать, насколько наши методы классификаціи и наша система обозначенія знаками, которыя мы до сихъ поръ испытали лишь на 13 элементахъ, примѣнимы при изслѣдованіи, классификаціи и обозначеніи другихъ элементовъ нашей планеты. Для тѣхъ типическихъ элементовъ или ихъ аналоговъ, которые представляютъ постоянные газы или легко улетучиваются, не трудно опредѣлить объемный вѣсъ или плотность пара; для этаго стоитъ только сравнить вѣсъ объема даннаго газа или пара съ вѣсомъ одинаковаго объема водорода, при одинаковыхъ условіяхъ температуры и давленія. Мы находили, что эти объемныя вѣса газовъ совпадаютъ съ наименьшими вѣсами элементовъ, образующими частицы, или, какъ мы ихъ еще называли, съ атомными или соединяющимися вѣсами.

Но въ виду исключительнаго характера этихъ отношеній въ фосфорѣ и мышьякѣ, которыхъ атомные вѣса, какъ мы нашли, представляютъ лишь половину объемныхъ вѣсовъ ихъ газовъ, мы не могли болѣе разсматривать объемные вѣса летучихъ тѣлъ мѣриломъ ихъ соединяющихся вѣсовъ, хотя съ другой стороны простота отношенія (1 : 2) между атомными и объемными вѣсами фосфора и мышьяка давала намъ право ожидать въ объемномъ вѣсѣ летучаго тѣла, если не его атомный вѣсъ, то по крайней мѣрѣ вѣсъ, находящійся съ нимъ въ простомъ отношеніи, такъ что изученіе этаго вѣса, въ связи съ другими явленіями, могло однако вести насъ къ цѣли.

Для опредѣленія атомныхъ вѣсовъ фосфора и мышьяка мы должны были опредѣлить вѣсовыя количества каждаго изъ этихъ элементовъ, которыя содержатся въ нормальномъ производномъ объемѣ (2 литрахъ) ихъ водородистыхъ соединеній. При опредѣленіи объемнаго вѣса углерода мы пользовались тѣмъ же методомъ, такъ какъ огнепостоянность этаго элемента не даетъ возможности прямо опредѣлить объемный вѣсъ этаго газа. Мы взвѣшивали количество углерода, содержащееся въ нормальномъ про-

изводномъ объемѣ (2 литрахъ) болотнаго газа; найденное нами такимъ образомъ количество по вѣсу мы считали наименьшимъ вѣсомъ углерода, образующимъ частицу, — соединяющимся или атомнымъ вѣсомъ этаго элемента.

Этотъ методъ очевидно былъ бы примѣнимъ ко всѣмъ не летучимъ элементамъ, еслибы они образовали соединенія съ водородомъ. Но всѣ попытки получить соединенія съ водородомъ большей части элементовъ, огнепостоянныхъ подобно углероду или летучихъ лишь при такихъ температурахъ, что нельзя и надѣяться на прямое опредѣленіе объемныхъ вѣсовъ ихъ пара, остались до сихъ поръ тщетными.

Такимъ образомъ мы должны разрѣшить слѣдующій вопросъ: какимъ образомъ найти соединяющіеся или атомные вѣса элементовъ, которыхъ объемные вѣса мы не можемъ опредѣлить, по причинѣ ихъ огнепостоянности или туго-летучести, и которыхъ водородистыя соединенія неизвѣстны.

Для разрѣшенія этаго вопроса мы прежде должны разрѣшить другой вопросъ: дѣйствительно ли мы не можемъ обходиться безъ изслѣдованія водородныхъ соединеній огнепостоянныхъ и туго-летучихъ элементовъ для опредѣленія ихъ атомныхъ вѣсовъ? Съ пріобрѣтенными нами уже познаніями не трудно отвѣтить на этотъ вопросъ.

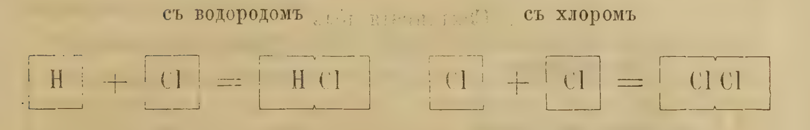
Если мы для этой цѣли до сихъ поръ исключительно пользовались водородистыми соединеніями, то этотъ выборъ обусловливается планомъ нашего курса, въ которомъ изученіе этихъ соединеній служило исходною точкой. Эти соединенія, за исключеніемъ воды, газообразные при обыкновенной температурѣ, представляютъ всѣ свойства, наиболѣе удобныя для опредѣленія объемныхъ вѣсовъ. Двойные объемные вѣса этихъ тѣлъ представляли намъ вѣса ихъ частицъ, а наименьшіе вѣса элементовъ, участвующіе въ образованіи этихъ частицъ, представляли намъ вѣса ихъ атомовъ. Въ большей части случаевъ мы въ состояніи были прямо подтверждать или по крайней мѣрѣ косвенно контролировать полученные такимъ образомъ вѣса элементовъ опредѣленіемъ ихъ объемныхъ вѣсовъ.

Но въ хлорѣ мы познакомились съ элементомъ, газообразнымъ, подобно водороду, и способнымъ образовать рядъ соединеній, изъ

которыхъ, хотя не многія газообразны при обыкновенной температурѣ, большая часть легко улетучивается. Кромѣ того хлоръ, котораго объемный вѣсъ совпадаетъ съ его атомнымъ вѣсомъ, во многихъ отношеніяхъ находится въ самой тѣсной связи съ водородомъ; его атомъ однозначенъ подобно атому водорода. Отсюда само-собою слѣдуетъ, что если многіе элементы соединяются съ водородомъ и хлоромъ, то эти соединенія должны имѣть сходный составъ. Всѣ элементы, которыхъ соединенія съ водородомъ намъ уже извѣстны, соединяются и съ хлоромъ; эти послѣднія соединенія, какъ оказывается по опыту, дѣйствительно имѣютъ составъ, соотвѣтственный извѣстной намъ значности однаго атома хлора.

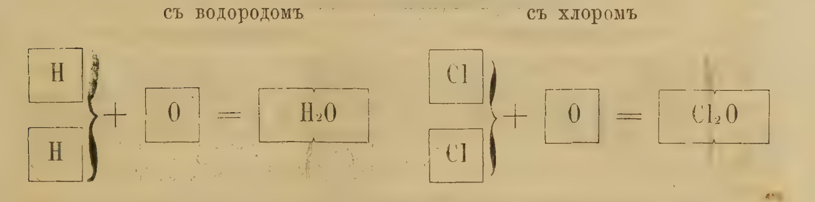
Соединенія хлора

съ водородомъ　　　　　съ хлоромъ



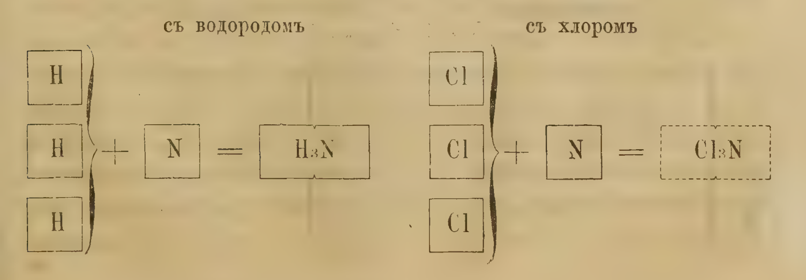
Соединенія кислорода

съ водородомъ　　　　　съ хлоромъ

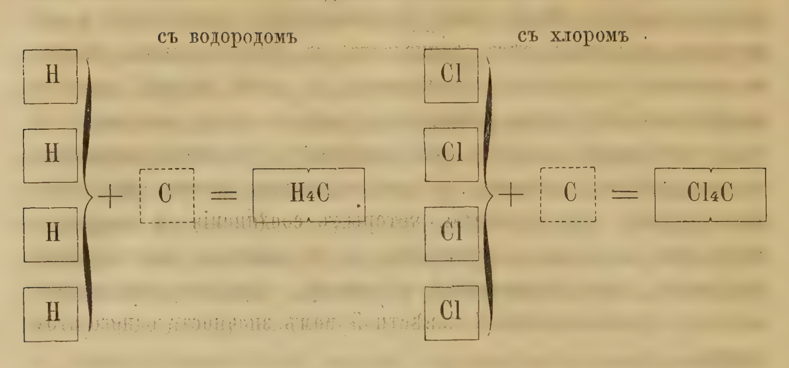


Соединенія азота

съ водородомъ　　　　　съ хлоромъ



Соединенія углерода



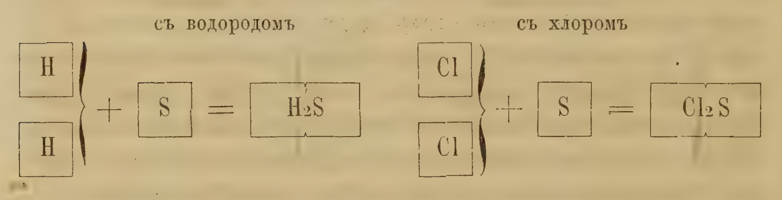
Точно также и іодъ, сѣра, селенъ, фосфоръ и мышьякъ образуютъ два соотвѣтствующихъ другъ другу ряда соединеній съ водородомъ и хлоромъ.

Соединенія іода



$H + I = HI$ $\qquad$ $Cl + I = ClI$

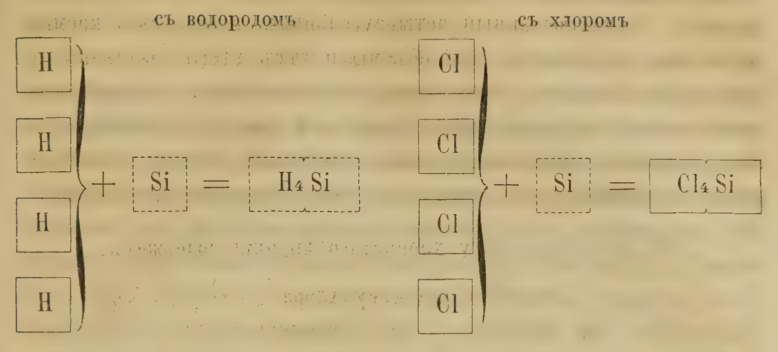
Соединенія сѣры



Соединенія фосфора

съ водородомъ $\qquad$ съ хлоромъ

$$\left.\begin{matrix} H \\ H \\ H \end{matrix}\right\} + P = H_3P \qquad \left.\begin{matrix} Cl \\ Cl \\ Cl \end{matrix}\right\} + P = Cl_3P$$



Эти таблицы показываютъ, что опредѣленіе объемовъ газа и анализъ хлористыхъ соединеній должно вести насъ къ совершенно тѣмъ же атомнымъ вѣсамъ кремнія, фосфора, сѣры, іода, углерода и пр., какъ и опредѣленіе объемныхъ вѣсовъ и анализъ водородистыхъ соединеній.

Разсмотримъ немного ближе два изъ приведенныхъ примѣровъ. Изслѣдованіе хлористаго углерода дало слѣдующіе результаты:

100 частей по вѣсу хлористаго углерода содержатъ:

	92,2	частей по вѣсу хлора
и	7,8	» » углерода
	100,0	

Объемный вѣсъ газа хлористаго углерода = 77, поэтому его частичный вѣсъ = $2 \times 77 = 154$; этотъ частичный вѣсъ содержитъ:

$$\frac{154 \times 92,2}{100} = 142 \text{ части по вѣсу хлора и}$$

$$\frac{154 \times 7,8}{100} = 12 \text{ » » углерода.}$$

Такимъ образомъ частица хлористаго углерода содержитъ $\frac{142}{35,5} = 4$ атома хлора въ соединеніи съ 12 частями по вѣсу углерода, т. е. съ тѣмъ же вѣсомъ углерода, какой мы получили при подобномъ изслѣдованіи болотнаго газа для атомнаго вѣса углерода.

Точно такимъ же образомъ мы находимъ и атомный вѣсъ кремнія. Пунктированный четыреугольникъ водороднаго кремнія достаточно указываетъ, что объемный вѣсъ этого соединенія не опредѣленъ опытами, — мы уже прежде замѣтили, что водородистый кремній открытъ лишь недавно и еще мало изслѣдованъ. Зато хлористое соединеніе кремнія изслѣдовано весьма удовлетворительно. Изслѣдованія этого тѣла дали слѣдующіе результаты:

100 частей по вѣсу хлористаго кремнія содержатъ:

83,28 ч. по вѣсу хлора
и 16,72 » » кремнія
100,00

Объемный вѣсъ газа хлористаго кремнія = 85,25, слѣд. его частичный вѣсъ = $2 \times 85,25 = 170,5$; этотъ частичный вѣсъ содержитъ:

$$\frac{170,5 \times 83,28}{100} = 142 \text{ ч. по вѣсу хлора и}$$

$$\frac{170,5 \times 16,72}{100} = 28,5 \text{ » » кремнія.}$$

Такимъ образомъ частица хлористаго кремнія содержитъ $\frac{142}{35,5} = 4$ атома хлора въ соединеніи съ 28,5 частями по вѣсу кремнія, которыя мы принимаемъ за атомный вѣсъ этого элемента.

Такимъ образомъ можно столь же вѣрно вывести атомный вѣсъ элемента изъ его летучаго хлористаго соединенія, извѣстнаго состава и объемнаго вѣса газа, какъ изъ водородистаго соединенія. Понятно, что бромистыя и іодистыя соединенія также могутъ вести къ этой цѣли, такъ какъ атомы брома и іода одно-значны, подобно атомамъ хлора и водорода.

Но и летучія соединенія кислорода и азота могутъ вести къ опредѣленію атомныхъ вѣсовъ, если только принять во вниманіе при выводахъ двузначность атома кислорода и трех-значность атома азота.

Такимъ образомъ наши способы опредѣленія атомныхъ вѣсовъ весьма разнообразны.

Посмотримъ, не поможетъ ли намъ какой нибудь изъ этихъ

разнообразныхъ способовъ опредѣлить нѣкоторые атомные вѣса, насчетъ которыхъ мы еще находимся въ сомнѣніи.

Какъ мы уже видѣли, металлы натрій и калій, которые оказывали намъ такія значительныя услуги уже при первыхъ нашихъ опытахъ, недостаточно летуги для опредѣленія объемныхъ вѣсовъ ихъ газовъ и не даютъ соединеній съ водородомъ (ср. стр. 84). Изъ анализа соединеній, образующихся при дѣйствіи этихъ металловъ на хлористоводородную кислоту, воду и амміакъ, мы видѣли однако соединяющіеся вѣса натрія (Na = 23) и калія (K = 39), что дало намъ возможность выразить формулами ихъ соединенія съ хлоромъ, кислородомъ и азотомъ. Въ слѣдующей таблицѣ еще разъ сопоставлены формулы этихъ соединеній съ формулами водородистыхъ соединеній, изъ которыхъ они происходятъ.

	Водородистыя соединенія.	Натріевыя соединенія.	Каліевыя соединенія.
Хлористыя соединенія	HCl	$NaCl$	KCl
Кислородныя соединенія	H_2O	Na_2O	K_2O
Азотныя соединенія	H_3N	Na_3N	K_3N.

Изъ этой таблицы мы видимъ, что при образованіи изъ хлористоводородной кислоты хлористыхъ соединеній нашихъ металловъ 23 части по вѣсу натрія и 39 частей по вѣсу калія замѣщаютъ по 1 части по вѣсу водорода; при образованіи окисей нашихъ металловъ изъ воды 2×23 частей по вѣсу натріи и 2×39 частей по вѣсу калія замѣщаютъ по 2 части вѣсу водорода; наконецъ при образованіи азотныхъ соединеній нашихъ металловъ изъ амміака 3×23 части по вѣсу натрія и 3×39 частей по вѣсу калія замѣщаютъ по 3 части по вѣсу водорода. Но имѣемъ ли мы право считать 23 атомнымъ вѣсомъ натрія, а 29 — атомнымъ вѣсомъ калія? Имѣемъ-ли мы право сказать: при переходѣ хлористоводородной кислоты въ хлористый натрій 1 атомъ водорода замѣщается 1 атомомъ натрія, при переходѣ воды въ окись натрія 2 атома водорода замѣщаются 2 атомами натрія и т. д. Если это дѣйствительно такъ, то атомъ натрія долженъ быть однозначнымъ, подобно атомамъ хлора и водорода. Въ началѣ этой главы указанъ путь къ опредѣленію знач-

ности атомовъ натрія и калія. Такъ-какъ опредѣленіе объемнаго вѣса газа натрія и калія не удается, такъ-какъ соединенія этихъ металловъ съ водородомъ неизвѣстны, то спрашивается, нѣтъ ли другихъ летучихъ соединеній этихъ металловъ, которыхъ объемный вѣсъ могъ бы быть опредѣленъ. Обратимся къ хлористымъ соединеніямъ этихъ металловъ. Хлористый натрій и калій дѣйствительно улетучиваются лишь при весьма высокой температурѣ, но нѣтъ причины считать невозможнымъ опредѣленіе объемнаго вѣса пара хлористато натрія и калія. Если бы объемный вѣсъ хлористаго натрія оказался по опыту въ $\frac{23+35,5}{2} = 29,25$, а объемный вѣсъ хлористаго калія въ $\frac{39+35,5}{2} = 37,25$, слѣд. частичные вѣса хлористаго натрія и калія въ $2 \times 29,25 = 58,5$ и $2 \times 37,25 = 74,5$, тогда атомный вѣсъ натрія былъ бы $58,5 - 35,5 = 23$, а атомный вѣсъ калія былъ бы $74,5 - 35,5 = 39$. Такимъ образомъ однозначность атомовъ натрія и калія была бы доказана, и знаки Na,K дѣйствительно представляли бы атомные вѣса этихъ элементовъ. Но подробные опыты до сихъ поръ не произведены, такъ что значность атомовъ натрія и калія, слѣд. и вѣса этихъ атомовъ, намъ до сихъ поръ неизвѣстны. Мы считаемъ атомы натрія и калія однозначными, потому что это самое простое допущеніе, когда нѣтъ дѣйствительныхъ причинъ считать ихъ многозначными.

Изложенныя данныя указываютъ вообще путь, по которому мы можемъ ожидать опредѣленія атомныхъ вѣсовъ натрія, калія и нѣкоторыхъ имъ подобныхъ элементовъ. Къ сожалѣнію, этотъ путь не открываетъ намъ новыхъ точекъ зрѣнія относительно опредѣленія частичныхъ вѣсовъ. Для опредѣленія частичнаго вѣса какого нибудь элемента требуется, сколько мы пока знаемъ, опредѣленіе объемнаго вѣса его пара, слѣд. изслѣдованіе элемента въ газообразномъ состояніи. Если бы поэтому изслѣдованіе объемнаго вѣса паровъ хлористаго натрія и калія и дало бы намъ ихъ атомные вѣса, то мы этимъ вовсе не приблизились бы къ частичнымъ вѣсамъ натрія и калія. Мы все таки оставались бы въ неизвѣстности относительно атомнаго строенія частицъ этихъ элементовъ, — мы все таки не знали бы, содержатъ ли ихъ частицы по два атома,

подобно частицамъ фосфора и мышьяка. Этотъ вопросъ все долженъ быть разрѣшенъ опредѣленіемъ объемнаго вѣса паровъ натрія и калія. Если бы объемный вѣсъ пара натрія оказался въ 23, а объемный вѣсъ пара калія—въ 39, то мы могли бы считать частицы этихъ элементовъ двуатомнымм, подобно частицѣ водорода; если бы эти объемные вѣса оказались въ 46 и 78, то мы должны были бы считать частицы этихъ элементовъ четырехатомными, подобно частицѣ фосфора. Пока нѣтъ рѣшительныхъ опытовъ относительно этого предмета, дѣлаютъ самое простое допущеніе и принимаютъ для частицъ натрія и калія двуатомное строеніе частицы водорода.

Если приведенные примѣры и не могутъ оставлять никакого сомнѣнія насчетъ значенія и сущности способовъ опредѣленія атомныхъ вѣсовъ, то едва ли было бы съ нашей стороны благоразумно ограничиться разсмотрѣніемъ возможныхъ результатовъ примѣненія этихъ способовъ къ натрію и калію. Намъ, напротивъ того, кажется умѣстнымъ разсмотрѣть здѣсь нѣсколько случаевъ, въ которыхъ примѣненіе этихъ способовъ уже оказало весьма существенныя услуги. Для этой цѣли мы должны выйти на время за границы тѣсной области, въ которой мы до сихъ поръ двигались.

Требуется опредѣлить атомные вѣса трехъ важныхъ металловъ: ртути, висмута и олова. Не смотря на всѣ усилія, не удалось до сихъ поръ получить соединенія этихъ металловъ съ водородомъ,—но они всѣ легко соединяются съ хлоромъ и кислородомъ. Кромѣ того ртуть образуетъ еще соединеніе съ азотомъ.

Хлористая ртуть очень хорошо извѣстна по своимъ ядовитымъ свойствамъ, подъ именемъ сулемы. Съ красною окисью ртути мы послѣ познакомимся, какъ съ однимъ изъ интереснѣйшихъ источниковъ кислорода; соединеніе ртути съ азотомъ отличается тѣмъ, что производитъ сильные взрывы. Такъ-какъ мы можемъ представить себѣ, что эти три тѣла образуются, подобно соотвѣтственнымъ соединеніямъ натрія, изъ хлористоводородной кислоты, воды и аммміака замѣщеніемъ водорода металломъ, то разсмотримъ вѣсовыя количества ртути, соединенныя въ этихъ трехъ тѣлахъ съ атомными вѣсами хлора, кислорода и азота, согласно анализамъ этихъ тѣлъ.

Въ хлористой ртути 35,5 ч. по вѣсу хлора (1 атомъ) соединены съ 100 ч. по вѣсу ртути.

Въ окиси ртути 16 ч. по вѣсу ртути (1 атомъ) кислорода соединены съ 2 $\times$ 100 ч. по вѣсу ртути.

Въ азотистой ртути 14 ч. по вѣсу азота (1 атомъ) соединены съ 3 $\times$ 100 ч. по вѣсу ртути.

Такимъ образомъ хлористая ртуть образуется изъ хлористоводородной кислоты замѣщеніемъ 1 ч. по вѣсу (1 атома) водорода 100 ч. по вѣсу ртути, окись ртути образуется изъ воды, замѣщеніемъ 2 ч. по вѣсу (2 атомовъ) водорода 2$\times$100 ч. по вѣсу ртути. наконецъ азотистая ртуть образуется изъ амміака замѣщеніемъ 3 ч. по вѣсу (3 атомовъ) водорода 3 $\times$ 100 ч. по вѣсу ртути. Слѣдовательно, количество ртути эквивалентное 1 атому водорода равняется 100.

При висмутѣ мы должны ограничиться его хлористымъ соединеніемъ и окисью.

Вь хлористомъ висмутѣ 35,5 ч. по вѣсу (1 атомъ) хлора соединены съ 69,33 ч. по вѣсу висмута.

Вь окиси висмута 16 ч. по вѣсу (1 атомъ) кислорода соединены съ 2$\times$69,33 ч. по вѣсу висмута.

Представляя себѣ и образованіе хлористаго висмута и окиси висмута замѣщеніемъ водорода—въ хлористоводородной кислотѣ и водѣ — металломъ, тогда вѣсовое количество висмута, эквивалентное 1 атому водорода, равняется 69,33.

Подобнымъ образомъ:

Въ хлористомъ оловѣ 35,5 ч. по вѣсу хлора (1 атомъ) соединены съ 29,5 ч. по вѣсу олова.

Вь окиси олова 16 ч. по вѣсу (1 атомъ) кислорода соединены съ 2$\times$29,5 ч. по вѣсу олова.

Слѣдовательно, 29,5 представляетъ вѣсовое количество олова, эквивалентное 1 атому водорода.

Можемъ ли мы считать эти вѣсовыя количества ртути (100), висмута (69,33) и олова (29,5), замѣщающія по 1 атому водорода, атомными вѣсами этихъ элементовъ? Если бы мы не имѣли другихъ точекъ опоры, то мы могли бы сдѣлать это съ такимъ же правомъ, съ какимъ мы считаемъ вѣсовыя количества натрія (23) и калія (36), замѣщающія по 1 атому водорода, атомными вѣсами этихъ

элементовъ. Другими словамя, за недостаткомъ положительныхъ опредѣленій, мы считали бы атомы ртути, висмута и олова однозначными.

Но хлористыя соединенія этихъ трехъ металловъ летучи при довольно невысокихъ температурахъ. Поэтому возможно было опредѣлить объемные вѣса ихъ пара, а отсюда вычислить ихъ частичные вѣса. Эти опредѣленія дали слѣдующіе результаты:

	Объемные вѣса.	Частичные вѣса.
Хлористая ртуть . . .	135,50	271
Хлористый висмутъ . .	157,25	314,50
Хлористое олово . . .	130	260

Вычисляя изъ этихъ анализовъ составъ частицъ хлористой ртути, хлористаго висмута и хлористаго олова, получаемъ слѣдующіе результаты:

Въ частицѣ хлористой ртути $71 = 2 \times 35,5$ ч. по вѣсу $= 2$ ат. хлора соединены съ 200 ч. по вѣсу ртути.

Въ частицѣ хлористаго висмута $106,5 = 3 \times 35,5$ ч. по вѣсу $= 3$ ат. хлора соединены съ 208 ч. по вѣсу висмута.

Въ частицѣ хлористаго олова $142 = 4 \times 35,5$ ч. по вѣсу $=$ 4 ат. хлора соединены съ 118 ч. по вѣсу олова.

Эти наименьшіе вѣса ртути (200), висмута (208) и олова (118), содержащіеся въ частицахъ ихъ хлористыхъ соединеній, мы считаемъ атомными вѣсами этихъ металловъ, слѣд. ихъ атомы не однозначные и не одинаково-значные, такъ-какъ атомъ ртути оказывается двузначнымъ, атомъ висмута—трех-значнымъ, а атомъ олова—четырехзначнымъ. При обозначеніи атомовъ этихъ трехъ металловъ приняты въ основаніе латинскія названія этихъ металловъ, Hydrargyrum, Bismuthum, Stannum; отсюда знаки:

$$Hg^{II} = 200,\ Bi^{III} = 208 \text{ и } Sn^{IV} = 118,$$

которыя даютъ намъ возможность выразить хлористыя соединенія этихъ металловъ слѣдующими графическими формулами:

$$\boxed{Hg^{II}\,Cl_2} \qquad \boxed{Bi^{III}\,Cl_3} \qquad \boxed{Sn^{IV}\,Cl_4}$$

Различная значность атомовъ этихъ трехъ металловъ даетъ особенный интересъ вопросу объ ихъ частичныхъ вѣсахъ. До сихъ поръ удалось опредѣлить лишь объемный вѣсъ пара ртути. Большая часть элементарныхъ частицъ, которыхъ вѣсъ опредѣленъ, двуатомна (водородъ, хлоръ, бромъ, іодъ, кислородъ, сѣра, селенъ, азотъ); лишь два элемента, сколько мы пока знаемъ, представляютъ четырех-атомныя частицы. Эти элементы суть фосфоръ и мышьякъ. Спрашивается, къ какому изъ этихъ двухъ классовъ примыкаетъ частица ртути? Двуатомна ли она, подобно большей части извѣстныхъ намъ элементарныхъ частицъ, или она принадлежитъ къ исключеніямъ, подобно четырех-атомнымъ частицамъ фосфора и мышьяка? Частица ртути (и мы можемъ сейчасъ еще прибавить—металла кадмія) принадлежитъ по своему атомному строенію къ исключеніямъ; но она представляетъ исключеніе совершенно по другому направленію, чѣмъ частицы фосфора и мышьяка.

Между тѣмъ какъ атомные вѣса фосфора (P^{III}) и мышьяка (As^{III}) представляютъ лишь половины объемныхъ вѣсовъ ихъ пара, атомные вѣса ртути (Hg^{II}) и кадмія (Cd^{II}) соотвѣтствуютъ удвоеннымъ объемнымъ вѣсамъ ихъ пара. Поэтому, для вѣрнаго выраженія атомовъ ртути и кадмія, — точно такъ какъ при графическомъ выраженіи атом. фосфора и мышьяка мы должны были замѣнить наши квадраты, представляющіе литръ, трехугольниками, представляющими полулитръ, —мы должны употреблять двулитровые четырехугольники, которые мы до сихъ поръ исключительно употребляли для выраженія частицъ.

Въ слѣдующей таблицѣ сопоставлены объемы атомовъ и частицъ аномальныхъ элементовъ и нормальнаго элемента.

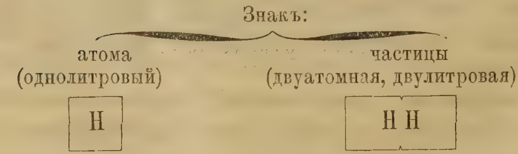
1. Нормальный атомный объемъ.

Водородъ (единица сравненія).

a) Атомный вѣсъ равенъ объемному вѣсу.

b) Частичное строеніе — двуобъемное.

Знакъ:

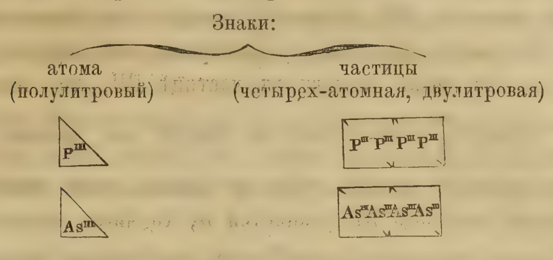


2. Аномальные атомные объемы.

α. Фосфоръ и мышьякъ.

a) Атомный вѣсъ равенъ половинѣ объемнаго вѣса пара.
b) Частичное строеніе — четырех-атомное.

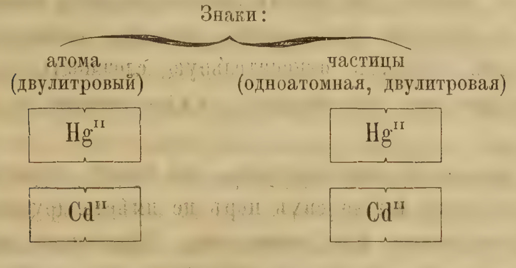
Знаки:



β. Ртуть и кадмій.

a) Атомный вѣсъ равенъ двойному объемному вѣсу пара.
b) Частичное строеніе — одноатомное.

Знаки:



Самая замѣчательная особенность, представленная въ таблицѣ, есть совпаденіе атома и частицы ртути и кадмія, которыхъ частичное строеніе представлено одноатомнымъ. Относительно этого пункта мы должны впрочемъ остерегаться придавать заключеніямъ послѣдовательнаго проведенія той или другой системы обозначенія большее значеніе, чѣмъ они дѣйствительно имѣютъ. Если мы считаемъ частицу водорода двуатомною, то это число теоретическое воззрѣніе, а не результатъ опыта. Мы дѣйствительно знаемъ только то, что свободная частица водорода, HH, по вѣсу и объему, вдвое больше вступающаго въ соединеніе атома водорода H; далѣе мы знаемъ, что — каково бы ни было строеніе частицы и атома— строеніе частицы ровно вдвое сложнѣе строенія атома. Мы только для простоты считаемъ H выраженіемъ 1 атома. Но наименьшее количество, въ которомъ водородъ входитъ въ соединенія, можетъ

быть—по крайней мѣрѣ ничто не говоритъ противъ этого—группа атомовъ, въ 100, 1000, 1000000 и т. д. атомовъ, и обозначеніе частицы водорода, HH, можетъ только выразить, что каково бы ни было число атомовъ, представленныхъ чрезъ H, свободная частица водорода, HH, содержитъ всегда вдвое большее число атомовъ. Это можно выразить въ алгебраической формулѣ: если n представляетъ число атомовъ въ частицѣ HH, то число атомовъ въ H будетъ $\frac{n}{2}$. Въ этомъ же смыслѣ мы должны понять и атомное строеніе частицъ ртути и кадмія: если число атомовъ въ частицѣ водорода HH равняется n, то число атомовъ въ частицѣ ртути и кадмія будетъ $\frac{n}{2}$. Мы не должны забывать, что только допущеніе двуатомности частицы водорода ведетъ насъ къ заключенію однозначности частицъ ртути и кадмія. Совершенно съ такимъ же правомъ мы можемъ представить себѣ сложность этихъ частицъ въ милліонъ разъ больше, если мы только всегда будемъ представлять себѣ ихъ относительную сложность въ отношеніи, соотвѣтствующемъ выраженіямъ: одноатомныя и двуатомныя частицы.

Изъ сказаннаго ясно слѣдуетъ, что кромѣ опредѣленія вѣса (плотности) пара мы до сихъ поръ не имѣетъ другихъ способовъ узнавать частичные вѣса элементовъ. Примѣненіе нашего единственнаго способа опредѣленія частичнаго вѣса показываетъ, что между этимъ вѣсомъ и атомнымъ существуетъ всегда простое отношеніе; но мы не въ состояніи предсказать это отношеніе въ данномъ случаѣ. Когда атомный вѣсъ какого нибудь элемента опредѣленъ съ величайшею вѣрностью, мы все еще остаемся въ сомнѣніи насчетъ его частичнаго вѣса, — мы не знаемъ представляетъ ли его частица одноатомное строеніе, подобно частицѣ ртути, или двуатомное, подобно частицѣ водорода, или четырехатомное, подобно частицѣ фосфора, или наконецъ она находится въ другомъ отношеніи къ атому.

Способъ опредѣленія атомнаго вѣса, по объемному, слѣд. и частичному вѣсу соединенія извѣстнаго состава, можетъ имѣть, какъ показываютъ приведенные примѣры, очень широкое примѣненіе. Нельзя однако не замѣтить, что и этотъ способъ не со-

всѣмъ свободенъ отъ неточности. При его примѣненіи предполагается, что частица даннаго соединенія содержитъ лишь одинъ атомъ даннаго элемента. При опредѣленіи напр. атомнаго вѣса ртути, висмута и цинка анализомъ и опредѣленіемъ плотности пара ихъ хлористыхъ соединеній мы принимаемъ, что частицы этихъ хлористыхъ соединеній содержатъ 1 атомъ ртути, 1 атомъ висмута и 1 атомъ олова. Это допущеніе во всякомъ случаѣ самое простое. Между тѣмъ можно предполагать, что эти частицы содержатъ и болѣе чѣмъ по 1 атому металла. Для устраненія этого сомнѣнія необходимы такимъ образомъ еще другія точки опоры.

Химики съ величайшею ревностью искали эти точки опоры въ различныхъ областяхъ науки,—отчасти и съ успѣхомъ. Особенно различныя физическія наблюденія дали въ этомъ отношеніи весьма драгоцѣнныя данныя.

Упомянемъ прежде всего о замѣчательныхъ результатахъ, къ которымъ привело изслѣдованіе удѣльной теплоты элементовъ. Опытъ показываетъ, что одинаковыя количества различныхъ элементовъ требуютъ весьма различныя количества теплоты при нагрѣваніи отъ одной данной температуры до другой. Этотъ фактъ выражаютъ, говоря, что удѣльная теплота различныхъ элементовъ различна. Сравнивая съ другой стороны количества теплоты, требуемыя для нагрѣванія отъ одной данной температуры до другой вѣсовыхъ количествъ элементовъ, соотвѣтствующихъ ихъ атомнымъ вѣсамъ, получается замѣчательный результатъ, что эти количества теплоты одинаковы. Этотъ фактъ выражаютъ, говоря, что удѣльная теплота атомовъ различныхъ элементовъ одинакова. Этотъ законъ, къ сожалѣнію, представляетъ и исключенія,—иначе онъ давалъ бы намъ самый простой и общій способъ опредѣленія атомныхъ вѣсовъ. Тѣмъ не менѣе, хотя мы можемъ придавать этому закону лишь ограниченное значеніе, изслѣдованіе удѣльной теплоты элементовъ весьма часто даетъ намъ весьма важныя подтвержденія результатовъ, получаемыхъ другими путями. Мы можемъ уже здѣсь сказать, что атомные вѣса натрія и калія, до которыхъ мы дошли прежде чисто химическими соображеніями, вполнѣ подтверждены теперь изслѣдованіемъ ихъ удѣльной теплоты.

Изслѣдованіе удѣльной теплоты элементовъ даетъ намъ драгоцѣнныя указанія для опредѣленія ихъ атомныхъ вѣсовъ особенно въ тѣхъ случаяхъ, когда они намъ всего болѣе необходимы, т. е. при изслѣдованіи элементовъ огнепостоянныхъ и не дающихъ летучихъ соединеній. Но и для опредѣленія атомныхъ вѣсовъ элементовъ, дающихъ летучія соединенія, которыхъ объемные вѣса могутъ быть опредѣлены, изслѣдованіе удѣльной теплоты имѣетъ неоцѣнимое значеніе, такъ-какъ оно можетъ рѣшить уже затронутый нами вопросъ, содержится ли въ частицѣ даннаго соединенія одинъ или нѣсколько атомовъ элемента.

Анализъ и опредѣленіе плотности пара хлористыхъ соединеній ртути, висмута и олова привели насъ къ заключеніямъ

$$Hg^{II} = 200,\ Bi^{III} = 208 \text{ и } Sn^{IV} = 118;$$

эти числа мы считали вѣсами двузначнаго атома ртути, трех-значнаго атома висмута и четырех-значнаго атома олова. Опредѣленіе удѣльной теплоты этихъ металловъ самымъ удовлетворительнымъ образомъ подтвердило, что эти числа дѣйствительно выражаютъ вѣсъ 1 атома каждаго изъ этихъ металловъ, а не двухъ или нѣсколькихъ атомовъ.

Наблюденіе кристаллическихъ формулъ, свойственныхъ тѣламъ, дало также весьма важныя точки опоры для опредѣленія атомныхъ вѣсовъ. Найдено, что соединенія сходнаго атомистическаго строенія обыкновенно изоморфны, т. е. принимаютъ при кристаллизаціи одинаковыя или сродныя формы. Сравненіе двухъ соединеній, одинаковой кристаллической формы,—изъ которыхъ одно состоитъ изъ элементовъ съ извѣстными атомными вѣсами, а другіе изъ элементовъ, которыхъ атомные вѣса не вполнѣ опредѣлены,—дало въ очень большомъ числѣ случаевъ ключъ къ опредѣленію дѣйствительныхъ атомныхъ вѣсовъ.

Мы не можемъ ближе разсмотрѣть здѣсь физическіе способы опредѣленія атомныхъ вѣсовъ. Это возможно только при подробномъ разсмотрѣніи ихъ примѣненій къ отдѣльнымъ случаямъ; но для этого намъ нужно было бы выйти изъ тѣсной области фактовъ, которою мы до сихъ поръ преднамѣренно ограничивались. Мы должны поэтому пока довольствоваться общими чертами этихъ отношеній весьма важныхъ для химика. Подробное разсмотрѣніе

этихъ отношенiй удобнѣе отложить до позднѣйшаго перiода нашихъ занятiй, когда знакомство съ бельшимъ числомъ элементовъ и ихъ соединенiй лучше приготовятъ васъ къ пониманiю этого предмета.

Пока сопоставимъ въ легко обозрѣваемой формѣ результаты нашей собственной опытности съ результатами, полученными другими, пока намъ не вполнѣ извѣстными путями. Этотъ обзоръ даютъ намъ слѣдующiя двѣ таблицы. Первая таблица содержитъ названiя всѣхъ элементовъ съ ихъ атомными вѣсами, найденными при помощи всѣхъ путей, выработанныхъ для этой цѣли химиками. Къ знакамъ элементовъ приставлены коеффицiенты ихъ значности, которые указываютъ, что вѣса элементовъ, выражаемые этими знаками, могутъ замѣщать въ извѣстныхъ рядахъ соединенiй 1, 2, 3 или 4 атома водорода. Вторая таблица содержитъ лишь элементы, изслѣдованные въ газообразномъ состоянiи, слѣд. которыхъ частичные вѣса намъ извѣстны. Въ этой таблицѣ, кромѣ значенiй, содержащихся и въ первой таблицѣ, помѣщены объемные и частичные вѣса и графически представлены объемы атомовъ и частицъ.

Атомные вѣса элементовъ.

Названія.	Знаки атомовъ и коэффиціенты значности.	Атомные вѣса.
Водородъ . . . . (нормальный элементъ)	H	1
Азотъ	N^{III}	14
Барій	Ba^{II}	137
Бериллій	Be^{III}	14
Боръ	Bo^{III}	11
Бромъ	Br^{I}	80
Ванадій	V^{VI}	137
Висмутъ	Bi^{III}	208
Вольфрамъ	W^{VI}	184
Глиній	Al^{III}	27,5
Дидимъ.	Di^{II}	96
Желѣзо	Fe^{II}	56
Золото.	Au^{III}	196,7
Иридій.	Jr^{IV}	198
Итрій	Y^{II}	61,7
Іодъ	J^{I}	127
Кадмій.	Cd^{II}	112
Калій	K^{I}	39
Кальцій	Ca^{II}	40
Кислородъ.	O^{II}	16
Кобальтъ	Co^{II}	58,8
Кремній	Si^{IV}	28,5
Лантанъ	La^{II}	92
Литій	Li^{I}	7
Магній.	Mg^{II}	24
Марганецъ.	Mn^{II}	53
Молибденъ	Mo^{VI}	92
Мѣдь	Cu^{II}	63,5
Мышьякъ	As^{III}	75
Натрій	Na^{I}	23

Атомные вѣса элементовъ.

Названія.	Знаки атомовъ и коэффиціенты значности.	Атомные вѣса.
Никкель	Ni^{II}	58,8
Ніобій	Nb^{IV}	97,6
Олово	Sn^{IV}	118
Осмій	Os^{IV}	199
Палладій	Pd^{II}	106,5
Платина	Pt^{IV}	197,4
Родій	Rh^{II}	104
Ртуть	Hg^{II}	200
Рубидій.	Rb^{I}	85,5
Рутеній.	Ru^{IV}	104
Свинецъ	Pb^{II}	207
Селенъ	Se^{II}	79
Серебро.	Ag^{I}	108
Стронцій	Sr^{II}	87,5
Сюрьма.	Sb^{III}	122
Сѣра	S^{II}	32
Таллій	Tl^{I}	204
Танталъ	Ta^{IV}	137,5
Теллуръ.	Te^{II}	128
Титанъ.	Ti^{IV}	50
Торій	Th^{IV}	231,5
Углеродъ	C^{IV}	12
Уранъ	U^{II}	120
Фосфоръ	P^{III}	31
Фторъ	F^{I}	19
Хлоръ	Cl^{I}	35,5
Хромъ	Cr^{III}	52,5
Цезій	Cs^{I}	133
Церій	Ce^{II}	92
Цинкъ	Zn^{II}	65
Цирконій	Zr^{IV}	90
Эрбій	E^{II}	112,6

Атомные, объемные и частичные вѣса элемент

Названія.	Знаки атомовъ и коеффиціенты значности.	Атомные вѣса.	Графическое выраже атомныхъ объемовъ
Водородъ (нормальный элементъ)	H	1	H
Азотъ	N^{III}	14	N
Бромъ	Br^{I}	80	Br
Іодъ	I^{I}	127	I
Кадмій	Cd^{II}	112	Cd
Кислородъ	O^{II}	16	O
Мышьякъ	As^{III}	75	As
Ртуть	Hg^{II}	200	Hg
Селенъ	Se^{II}	79	Se
Сѣра	S^{II}	32	S
Фосфоръ	P^{III}	31	P
Хлоръ	Cl^{I}	35,5	Cl

ЛѢДОВАННЫХЪ ВЪ ГАЗООБРАЗНОМЪ СОСТОЯНІИ.

Объемные вѣса.	Знаки частицъ.	Частичные вѣса.	Графическое выраженіе частичныхъ объемовъ.
1	H H	2	H H
14	N N	28	N N
80	Br Br	160	Br Br
127	I I	254	I I
56	Cd	112	Cd
16	O O	32	O O
150	As As As As	300	AsAsAsAs
100	Hg	200	Hg
79	Se Se	158	Se Se
32	S S	64	S S
62	P P P P	124	P P P P
35,5	Cl Cl	71	Cl Cl

Послѣдняя таблица показываетъ намъ, какъ ограничено до сихъ поръ наше знаніе частичныхъ вѣсовъ. Многіе элементы или совершенно огнепостоянны или улетучиваются лишь при такихъ высокихъ температурахъ, что мы едва можемъ надѣяться узнать когда нибудь ихъ частичные вѣса, по крайней мѣрѣ пока мы будемъ ограничены методомъ опредѣленія объемнаго вѣса пара. Но и рядъ атомныхъ вѣсовъ оставляетъ еще желать многаго. При нѣкоторыхъ элементахъ данныя величины атомныхъ вѣсовъ должны считаться лишь приблизительными, при другихъ элементахъ химики не согласны между собою еще и на счетъ принципа опредѣленія атомныхъ вѣсовъ, такъ что данныя числа, можетъ быть, еще нужно будетъ измѣнить въ извѣстныхъ простыхъ отношеніяхъ. Данныя и соображенія, лежащія въ основаніи опредѣленія атомныхъ вѣсовъ, принадлежатъ къ самымъ привлекательнымъ отдѣламъ исторіи отдѣльныхъ элементовъ, — но ихъ трудно вырвать изъ общей картины каждаго элемента, поэтому разсмотрѣніе путей, какимъ образомъ выводятся данныя величины, мы должны отложить до подробнаго изученія отдѣльныхъ элементовъ. Нужно еще замѣтить, что и коэффиціены значности, приставленные къ знакамъ элементовъ, вѣроятно, подвергнутся еще измѣненіямъ, съ дальнѣйшимъ развитіемъ нашей науки. Это особенно относится къ тѣмъ элементамъ, которые соединяются съ другими въ различныхъ отношеніяхъ, которые такимъ образомъ представляютъ различные коэффиціенты значности, смотря по ряду соединеній, который принимается въ соображеніе при выводѣ этихъ коэффиціентовъ. Дѣйствительно, едва ли есть другой вопросъ, относительно котораго химики были бы столь различныхъ мнѣній между собою, какъ вопросъ о значности элементарныхъ атомовъ.

Изъ сказаннаго слѣдуетъ, что наша система химическаго обозначенія далеко не можетъ считаться законченною. Въ настоящее время химики болѣе чѣмъ когда либо воодушевлены желаніемъ создать единый и общій языкъ формулъ, который пріобрѣлъ бы общее согласіе. Достиженію этой цѣли противустоятъ нѣкоторыя трудности. Основные спорные вопросы не могутъ быть рѣшены взаимнымъ согласіемъ; ихъ рѣшеніе принадлежитъ дальнѣйшему развитію науки. Но существуютъ нѣкоторыя неправильности въ языкѣ химическихъ формулъ, которыхъ устраненіе требуетъ лишь

извѣстной рѣшимости. Если напр. французскіе химики еще до сихъ поръ обозначаютъ азотъ черезъ Az (azote), а не какъ всѣ остальные химики черезъ N (nitrogenium), то это уклоненіе, конечно, само по себѣ ничего не значитъ, но оно все таки нарушаетъ характеръ общности нашего химическаго языка знаковъ,— и, повидимому, стоило бы только упомянуть объ немъ, чтобы оно исчезло изъ химическаго правописанія Европы.

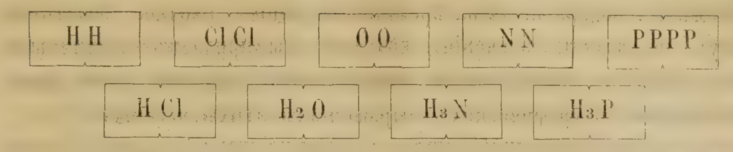
XII.

Соединенія высшаго порядка, тройныя, четверныя и т. д. — Условія, при которыхъ образуются соединенія высшаго порядка, тѣ же, какъ и для двойныхъ соединеній. — Уменьшеніе летучести въ соединеніяхъ высшаго порядка.—Ихъ разлагаемость при улетучиваніи.—Примѣры тройныхъ соединеній. — Хлористоводородный амміакъ. — Его происхожденіе соединеніемъ частицъ двухъ двойныхъ газовъ.—Его нейтральный характеръ.—Диссосіація его паровъ.—Тройныя соединенія, образующіяся послѣдовательнымъ выдѣленіемъ водорода натріемъ изъ воды и амміака. — Натріевыя производныя болотнаго газа. — Начало замѣщенія. — Образованіе продуктовъ замѣщенія изъ воды, амміака и болотнаго газа вступленіемъ въ частицы хлора взамѣнъ водорода.—Сохраненіе строенія первоначальныхъ частицъ въ производныхъ соединеніяхъ.—Превращеніе двойныхъ соединеній въ тройныя вступленіемъ новыхъ элементовъ безъ замѣщенія. — Примѣры въ окислахъ группы хлористоводородной кислоты; — въ окислахъ группы хлористаго водорода;— въ окислахъ группы фосфористаго водорода; — въ болотномъ газѣ, метилевый алькоголь.—Его важность какъ переходнаго члена.—Заключеніе.

Мы до сихъ поръ выражали частичныя формулы графически, потому что въ этихъ выраженіяхъ намъ очень ясно представлялось одно изъ главныхъ преимуществъ этихъ формулъ — ихъ равнообъемность. Имѣли-ли мы дѣло съ частицами простыхъ или сложныхъ тѣлъ, съ двуатомными или многоатомными частицами,— съ частицами, сходными частицѣ водорода или фосфора, а въ случаѣ сложныхъ тѣлъ, частицѣ хлористоводородной кислоты или амміака,—прямоугольныя рамки формулъ представляли намъ всегда, что выражаемыя формулами вѣсовыя количества занимаютъ объемъ 2 литровъ, — и во всякомъ случаѣ равные объемы. Въ нашей памяти еще свѣжъ фактъ, что формулы:

$$HH,\ ClCl,\ OO,\ NN,\ PPPP,\ HCl,\ H_2O,\ H_3N,\ H_3P$$

выражаютъ одинаковые объемы этихъ девяти тѣлъ. Въ графическихъ выраженіяхъ



этотъ фактъ находитъ соотвѣтственное выраженіе.

Таблица простыхъ тѣлъ въ концѣ предъидущей главы показываетъ однако, какъ невелико число элементовъ, которыхъ частичная величина дѣйствительно измѣрена. Большая часть элементовъ неизвѣстна въ газообразномъ состояніи, такъ что относительно ихъ частичныхъ величинъ мы пока еще остаемся въ сомнѣніи. Въ нѣкоторыхъ случаяхъ мы однако пробовали — конечно лишь предположительно — представлять графически такія сомнительныя частицы, но мы всегда указывали на гипотетическій характеръ этихъ выраженій пунктированными линіями. Такимъ образомъ мы представили частицы углерода и кремнія въ графическихъ выраженіяхъ



которыя придаютъ этимъ частицамъ атомное строеніе, сходное атомному строенію частицъ хлора, кислорода или азота, хотя въ нихъ можно съ одинаковымъ правомъ предположить и четырехатомное строеніе, подобно строенію частицъ фосфора и мышьяка, или какое нибудь другое строеніе. Приведенныя прежде основанія дѣлаютъ вѣроятнымъ, что частицы натрія и калія представляютъ атомное строеніе, сходное съ частицею водорода, но пока плотность пара этихъ металловъ не будетъ опредѣлена опытомъ, мы должны выражать наши сомнѣнія и при графическомъ выраженіи этихъ частицъ:



Эта же осторожность должна, конечно, руководствовать насъ и при графическомъ выраженіи частицъ сложныхъ тѣлъ. Водородистый кремній, какъ уже упомянуто выше (ср. стр. 99), едва

хорошо извѣстенъ до сихъ поръ по своему количественному составу; величина его частицы совершенно неизвѣстна. Мы допускаемъ въ водородистомъ кремніѣ строеніе, сходное болотному газу; но различіе значенія, котораго мы придаемъ частичнымъ формуламъ болотнаго газа и водородистаго кремнія, ясно представляется въ графическихъ выраженіяхъ этихъ частицъ:

H_4C H_4Si

Соединенія натрія и калія съ хлоромъ, кислородомъ и азотомъ неизвѣстны въ газообразномъ состояніи,—слѣд. частичныя величины этихъ соединеній не измѣрены. Но мы имѣемъ основанія (ср. стр. 86) приписывать этимъ неизвѣстнымъ частицамъ извѣстное намъ строеніе частицъ хлористоводородной кислоты, воды и амміака. Пунктированныя линіи даютъ намъ и тутъ возможность выразить наши сомнѣнія графически:

HCl	$NaCl$	KCl
H_2O	Na_2O	K_2O
H_3N	Na_3N	K_3N

Мы до сихъ поръ примѣняли нашъ языкъ формулъ и графическія выраженія исключительно къ простымъ тѣламъ и двойнымъ соединеніямъ; само собою разумѣется, что и языкъ формулъ и графическія выраженія примѣнимы и къ высшимъ соединеніямъ,—къ соединеніямъ, въ которыхъ участвуютъ не два, а три, четыре, 5 и иногда даже больше элементовъ, которыя мы называемъ тройными, четверными, пятерными и шестерными соединеніями.

Мы до сихъ поръ преднамѣренно не упоминали о такихъ соединеніяхъ высшихъ порядковъ, хотя въ продолженіе нашихъ изслѣдованій, и даже самыхъ первыхъ, они часто напрашивались на наше вниманіе. Разсмотрѣніе этихъ соединеній во время нашихъ предварительныхъ изслѣдованій было бы преждевременно и безцѣльно, — оно напрасно обременяло бы вашу память фактами, излишними для пониманія сущности наблюдаемыхъ явленій. Обратимся теперь къ этимъ пропущеннымъ членамъ и присоединимъ

ихъ къ нашей общей картинѣ. Ознакомленіе съ этими болѣе сложными тѣлами надлежащимъ образомъ приготовитъ насъ къ изученію множества группъ соединеній все высшаго и высшаго порядка, съ которыми мы будемъ постоянно встрѣчаться при болѣе глубокомъ вступленіи въ область химическихъ явленій.

Образованіе этихъ соединеній высшихъ порядковъ происходитъ подъ вліяніемъ тѣхъ же силъ и подчиняется тѣмъ же законамъ, какъ и образованіе двойныхъ соединеній. И тутъ, при надлежащихъ условіяхъ, соединеніе элементовъ сопровождается явленіями теплоты и свѣта. Опредѣленность отношеніи, въ которыхъ составныя части соединяются въ одно или нѣсколько двойныхъ соединеній, совершенное исчезновеніе свойствъ этихъ составныхъ частей въ свойствахъ образующихся сложныхъ тѣлъ,—все это характеризуетъ и соединенія высшихъ порядковъ. Элементарные атомы соединяются въ простыхъ или кратныхъ отношеніяхъ своихъ вѣсовъ — съ сохраненіемъ своей значности — въ самыя сложныя частицы, какъ и въ простыя частицы.

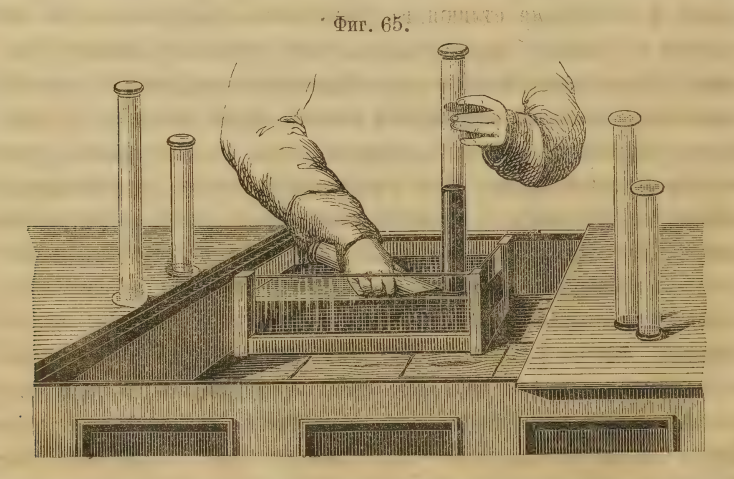
Такимъ образомъ единственное вѣрное отличіе между двойными соединеніями и соединеніями высшихъ порядковъ заключается въ различномъ числѣ составныхъ элементовъ. Конечно, они представляютъ и извѣстныя отличія въ физическихъ свойствахъ,—но эти отличія не должны насъ удивлять, если сообразимъ, сколько объемовъ можетъ сокращаться при образованіи соединеній высшихъ порядковъ въ нашъ нормальный объемъ двухъ литровъ, въ которомъ, сколько мы до сихъ поръ видѣли, не встрѣчалось болѣе пол-дюжины объемовъ. Съ увеличеніемъ числа элементарныхъ объемовъ, сгущенныхъ въ нашъ нормальный объемъ, обыкновенно идетъ рука объ руку уменьшеніе летучести образуемыхъ соединеній. Во многихъ случаяхъ эти сложныя частицы не существуютъ въ газообразномъ состояніи, потому что онѣ или огнепостоянны или не улетучиваются безъ разложенія на элементарныя составныя части или въ болѣе простыя соединенія. Изслѣдованіе такихъ нелетучихъ соединеній встрѣчаетъ трудности, которыя намъ уже не чужды. Если тѣла огнепостоянны, то при невозможности опредѣлить ихъ плотность пара, мы должны выводить наши представленія о величинѣ ихъ частицъ изъ какихъ нибудь отношеній этихъ соединеній къ другимъ соединеніямъ. Если тѣла

летучи, но съ разложеніемъ, то опредѣленіе плотности ихъ пара приведетъ насъ къ ложному заключенію о величинѣ ихъ частицы, такъ какъ мы въ этомъ случаѣ можемъ наблюдать не объемный вѣсъ даннаго тѣла, а объемный вѣсъ смѣси газовъ, которые сгущены были въ этомъ тѣлѣ.

Весьма поучительный примѣръ соединеній высшаго порядка и трудностей ихъ изслѣдованія, по причинѣ разложенія при высшей температурѣ, представляетъ одно тѣло, съ которымъ мы уже прежде встрѣчались. Когда для выдѣленія азота мы дѣйствовали хлоромъ на водный растворъ амміака, мы должны были употреблять широкія трубки, потому что узкія трубки засорились бы бѣлымъ тѣломъ, образующимся при этой реакціи (ср. стр. 30). Когда затѣмъ для опредѣленія отношенія объемовъ элементарныхъ составныхъ частей въ амміакѣ мы дѣйствовали на него опредѣленнымъ объемомъ хлорнаго газа, то стѣнки трубки покрылись бѣлымъ налетомъ, растворимымъ въ водѣ (ср. стр. 50). Это тѣло, котораго мы тогда не изслѣдовали, представляетъ для насъ теперь особенный интересъ.

Постараемся прежде всего получить это бѣлое тѣло въ немного большемъ количествѣ. Эта задача не представляетъ намъ

Фиг. 65.



теперь никакой трудности. Наполнимъ два цилиндра одинаковой величины — одинъ сухимъ хлористоводороднымъ газомъ, другой сухимъ амміачнымъ газомъ. Опрокинемъ теперь надъ ртутною

ванною гораздо большій цилиндръ, наполненный ртутью: въ этотъ цилиндръ впустимъ прежде хлористоводородную кислоту, затѣмъ, пузырекъ за пузырькомъ, амміакъ (фиг. 65).

Съ каждымъ пузырькомъ амміака, вступающимъ въ хлористоводородную кислоту, образуется густой бѣлый паръ, который скоро сгущается въ маленькія кристаллическія клочья и осѣдаетъ на стѣнкахъ цилиндра. Во время вступленія амміака въ цилиндръ мы наблюдаемъ, какъ первоначальный объемъ газа, вмѣсто того чтобы увеличиваться, мало по малу уменьшается. Чѣмъ больше амміака вступаетъ въ цилиндръ, тѣмъ выше ртуть поднимается въ цилиндрѣ. Съ послѣднимъ пузырькомъ амміака, вступающимъ въ цилиндръ, исчезаетъ и послѣдній слѣдъ газа въ цилиндрѣ,— онъ содержитъ теперь, кромѣ ртути, лишь тонкій слой бѣлаго тѣла, отложенный на его стѣнкахъ, въ который сгустились оба газа.

Такимъ образомъ мы должны считать это тѣло соединеніемъ обоихъ газовъ, которые мы смѣшивали между собою,—хлористоводородной кислоты и амміака, — въ равныхъ объемахъ.

Для подтвержденія этого воззрѣнія намъ слѣдуетъ теперь опять смѣшать эти газы въ другихъ отношеніяхъ объемовъ. Опрокидываемъ еще разъ большой цилиндръ, наполненный ртутью, надъ ртутною ванной, и опять впускаемъ въ него хлористоводородную кислоту и амміакъ, но первую въ большемъ объемѣ. Газы и теперь соединяются, при наблюденныхъ уже прежде явленіяхъ, но въ цилиндрѣ остается теперь несоединенный объемъ газа, въ которомъ легко узнать хлористоводородную кислоту помощью мокрой полоски синей лакмусовой бумаги. Повторимъ еще разъ этотъ опытъ, съ тѣмъ только различіемъ, что теперь употребимъ для него большій объемъ амміака. Въ остающемся несоединенномъ объемѣ газа легко узнать теперь амміакъ помощью красной лакмусовой бумаги.

При ближайшемъ изслѣдованіи оказывается, что бѣлый, твердый продуктъ растворимъ въ водѣ, какъ и его составныя части. Но сравнивая его другія свойства съ свойствами обѣихъ его составныхъ частей, оказывается, что первоначальныя свойства этихъ составныхъ частей совершенно исчезли при соединеніи. Образовавшійся бѣлый, кристаллическій порошокъ не представляетъ, ни

удушливыхъ паровъ, которые хлористоводородная кислота даетъ на воздухѣ, ни пронзительнаго запаха амміака. Далѣе, растворъ этого порошка не производитъ ни дѣйствія хлористоводородной кислоты на синюю лакмусовую бумагу, ни дѣйствія амміака на красную лакмусовую бумагу. Изъ двухъ тѣлъ рѣзкаго, но противуположнаго характера мы получили нейтральное соединеніе, котораго видъ и общій характеръ живо напоминаютъ намъ поваренную соль. Относительно происхожденія мы называемъ это новое соединеніе хлористоводороднымъ амміакомъ,—но замѣтимъ уже здѣсь, что оно носитъ и другія названія, а въ торговлѣ извѣстно подъ именемъ нашатыря.

Относительно формулы этого соединенія, образующагося изъ равныхъ объемовъ хлористоводородной кислоты и амміака, не можетъ быть никакого сомнѣнія:

$$HCl + H_3N = H_4NCl.$$

Но спрашивается, выражаетъ ли эта формула частичную величину нашатыря,—другими словами, наполняетъ ли вѣсовое количество нашего тройнаго соединенія, соотвѣтствующее формулѣ H_4NCl, въ газообразномъ состояніи пространство 2 объемовъ? Этотъ вопросъ старались разрѣшить опредѣленіемъ объемнаго вѣса паровъ нашатыря. Но если формула H_4NCl выражаетъ величину частицы амміака, если мы можемъ выразить эту величину графически

$$\boxed{H_4\,N\,Cl}$$

тогда объемный вѣсъ паровъ нашатыря долженъ былъ бы быть $\frac{4+14+35,5}{2} = \frac{53,5}{2} = 26,75$,—но между тѣмъ опытъ далъ число 13,375. Этотъ неожиданный результатъ можно было бы объяснить различнымъ образомъ. Можно было бы сказать, что частица нашатыря содержитъ лишь половину вѣсоваго количества, выражаемаго формулой H_4NCl. Но тогда мы получили бы выраженіе

$$\boxed{H_2\,\frac{N}{2}\,\frac{Cl}{2}}$$

несогласное съ допущеніемъ, что N и Cl представляютъ атомы азота и хлора, слѣд. недѣлимы. Далѣе, можно было бы допустить, что частица нашатыря занимаетъ пространство, вдвое больше пространства, занимаемаго другими извѣстными намъ частицами, и что ее нужно выразить черезъ

$$\boxed{N_4 HCl}$$

Но такое выраженіе противорѣчитъ нашей основной гипотезѣ объ одинаковой величинѣ частицъ всѣхъ тѣлъ въ газообразномъ состояніи. Наконецъ, можно было бы еще представить себѣ, что частица нашатыря разлагается при высокой температурѣ на составныя части—двойныя соединенія, и что эти составныя части при охлажденіи смѣси опять соединяются въ нашатырь. На основаніи этого послѣдняго допущенія частица нашатыря (2 об.) должна давать при опредѣленіи объемнаго вѣса 1 частицу хлористоводородной кислоты (2 об.) и 1 частицу амміака (2 об.), всего значитъ 4 объема:

$$\boxed{H_4 N Cl} = \boxed{H Cl} + \boxed{H_3 N}$$

Такая смѣсь газовъ должна дѣйствительно давать объемный вѣсъ $\frac{36,5 + 17}{4} = \frac{53,5}{4} = 13,375$, т. е. число, полученное опытомъ. Большая часть химиковъ дѣйствительно склонна принимать такое разложеніе и обратное соединеніе — оба эти явленія обыкновенно обозначаютъ словомъ *диссоціація* въ частицѣ нашатыря. Это предположеніе старались подтвердить и опытами. Но пока эти опыты не привели еще къ окончательному результату, мы должны выразить гипотетическій характеръ частицы нашатыря пунктированными линіями:

$$\boxed{H_4 N Cl}$$

Если въ нашатырѣ мы познакомились съ тройнымъ соединеніемъ, котораго плотность пара не удается опредѣлить, по причинѣ разлагаемости его частицы при высокой температурѣ, то

самые первые изъ нашихъ опытовъ дали намъ рядъ тройныхъ соединеній, которыя превращаются въ паръ лишь при такихъ высокихъ температурахъ, что до сихъ поръ и не пробовали опредѣлить объемные вѣса ихъ паровъ.

Въ началѣ нашихъ занятій, когда мы изслѣдовали составъ хлористоводородной кислоты, воды и амміака, мы пользовались натріемъ для выдѣленія водорода изъ этихъ трехъ водородистыхъ соединеній; впослѣдствіи мы узнали, что изъ этихъ трехъ водородистыхъ соединеній образовались при этомъ три натріевыя соединенія, въ которыхъ этотъ металлъ соединенъ съ хлоромъ, кислородомъ и азотомъ.

Мы помнимъ, что атомы хлора, кислорода и азота относительно однозначны, двузначны и трех-значны, и что ихъ соединенія съ водородомъ содержатъ 1, 2 и 3 атома водорода.

Когда натрій замѣщаетъ водородъ въ частицѣ хлористоводородной кислоты, то при этомъ очевидно долженъ сразу выдѣлиться весь водородъ кислоты.

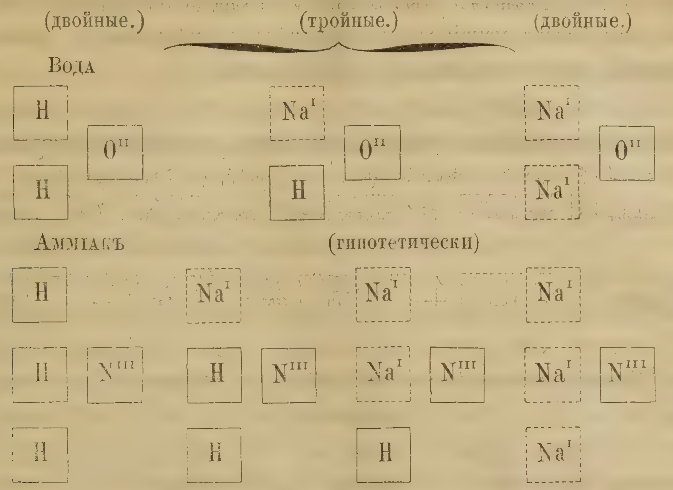
Но относительно воды, которой частица содержитъ 2 атома водорода, можно представить себѣ, что выдѣленіе изъ нея водорода натріемъ происходитъ въ двухъ, слѣдующихъ другъ за другомъ стадіяхъ, при чемъ сперва выдѣляется одинъ, затѣмъ другой атомъ водорода.

Наконецъ изъ частицы амміака, съ ея 3 атомами водорода, очевидно могутъ выдѣляться другъ за другомъ сперва 1, потомъ 2 атома, пока не выдѣляются всѣ 3 атома водорода.

Когда мы производили относящіеся сюда опыты, мы имѣли въ виду лишь конечные продукты реакцій, т. е. двойныя соединенія натрія съ хлоромъ, кислородомъ и азотомъ, которыя происходятъ при совершенномъ выдѣленіи водорода изъ хлористоводородной кислоты, воды и амміака. Теперь мы узнаемъ, что конечные двойные продукты разложенія натріемъ воды и амміака происходятъ не непосредственно, а что имъ во всякомъ случаѣ предшествуетъ образованіе тройныхъ промежуточныхъ членовъ.

Въ слѣдующей таблицѣ представлены эти промежуточные члены между первоначальными соединеніями и конечными продуктами реакцій.

Послѣдовательное разложеніе воды и амміака натріемъ.



Тройное соединеніе, между водой и окисью натрія, состоитъ, какъ показываетъ таблица, изъ 1 атома натрія, 1 атома водорода и 1 атома кислорода; его можно разсматриватъ какъ воду, въ которой половина водорода замѣщена натріемъ. Оно употребляется въ различныхъ производствахъ и извѣстно въ торговлѣ подъ названіемъ ѣдкаго натра или гидрата натра. Послѣдній продуктъ дѣйствія натрія на воду, окись натрія, не содержитъ болѣе водорода; въ смыслѣ старыхъ воззрѣній его называютъ и безводнымъ натромъ. Въ окиси натрія находится еще лишь одинъ изъ элементовъ первоначальнаго соединенія, изъ которыхъ она происходитъ, — но она сохранила типъ строенія этого первоначальнаго соединенія. Сказанное здѣсь относительно дѣйствія натрія на воду, конечно, справедливо и относительно дѣйствія калія на воду.

Между тѣмъ какъ изъ воды могутъ образоваться дѣйствіемъ натрія лишь два натріевыя соединенія—тройное и двойное,—изъ амміака могутъ образоваться три натріевыя соединенія, изъ которыхъ оба соединенія, лежащія между крайними числами — амміакомъ и азотистымъ натріемъ, суть тройныя соединенія.

Въ слѣдующихъ частичныхъ равенствахъ представлены въ

своемъ постепенномъ ходѣ реакціи, при которыхъ эти соединенія происходятъ изъ воды и амміака; эти равенства показываютъ, какъ съ постепеннымъ выдѣленіемъ водорода соединенія становятся все богаче натріемъ, пока наконецъ получаются двойныя соединенія натрія съ кислородомъ и азотомъ.

1. Послѣдовательное замѣщеніе водорода воды натріемъ.

1-й фазисъ $2\,\boxed{H_2\,O^{II}} + \boxed{Na^{I}\,Na^{I}} = 2\,\boxed{Na^{I}\,HO^{II}} + \boxed{H\,H}$

2-й фазисъ $2\,\boxed{Na^{I}\,HO^{II}} + \boxed{Na^{I}\,Na^{I}} = 2\,\boxed{Na^{I}_{2}\,O^{II}} + \boxed{H\,H}$

2. Послѣдовательное замѣщеніе водорода амміака натріемъ.

1-й фазисъ $2\,\boxed{H_3\,N^{III}} + \boxed{Na^{I}\,Na^{II}} = 2\,\boxed{Na^{I}H_2N^{III}} + \boxed{H\,H}$

2-й фазисъ $2\,\boxed{Na^{I}H_2N^{III}} + \boxed{Na^{I}\,Na^{II}} = 2\,\boxed{Na^{I}_{2}H\,N^{III}} + \boxed{H\,H}$

3-й фазисъ $2\,\boxed{Na^{I}_{2}H\,N^{III}} + \boxed{Na^{I}\,Na^{I}} = 2\,\boxed{Na^{I}_{3}N^{III}} + \boxed{H\,H}$

Эти равенства раскрываютъ намъ, такъ сказать, механизмъ реакцій; они представляютъ намъ, какъ мало по малу атомы металла замѣщаютъ атомы водорода.

Относительно дѣйствія натрія на воду и амміакъ слѣдуетъ еще замѣтить, что ихъ различныя металлическія производныя далеко не образуются съ одинаковой легкостью. Какъ изъ воды, такъ и изъ амміака особенно легко образуются тройныя производныя, между тѣмъ какъ двойные конечные продукты образуются всегда лишь при особенныхъ условіяхъ. Изъ тройныхъ производныхъ амміака до сихъ поръ получено въ чистомъ состояніи лишь первое.

Четвертое изъ нашихъ типическихъ водородистыхъ соединеній, болотный газъ, до сихъ поръ почти не изслѣдовано относительно дѣйствія натрія. Намъ впрочемъ извѣстно тройное соединеніе, кото-

раго образованіе можно представить себѣ замѣщеніемъ въ болотномъ газѣ 1 атома водорода 1 атомомъ натрія. Это до сихъ поръ мало изученное соединеніе — натріумъ-метиль

$$NaH_3C$$

получается лишь съ трудомъ и окольными путями, которые мы можемъ разсматривать лишь впослѣдствіи. Мы упомянули здѣсь объ этомъ весьма замѣчательномъ тѣлѣ лишь для того, чтобы показать, что мы имѣемъ право ожидать открытія цѣлаго ряда натріевыхъ производныхъ и болотнаго газа.

Разсмотрѣнные примѣры приводятъ насъ къ болѣе общему воззрѣнію на продукты замѣщенія, т. е. на тѣла, образуемыя— нерѣдко цѣлыми рядами — выдѣленіемъ одного или нѣсколькихъ атомовъ какого нибудь составнаго элемента соединеній и ихъ единовременнымъ замѣщеніемъ соотвѣтственнымъ числомъ атомовъ другаго элемента. Мы тутъ доходимъ до познанія принципа, который въ своихъ счастливыхъ приложеніяхъ сталъ однимъ изъ самыхъ могучихъ рычаговъ движенія современной химіи.

Для большаго уясненія этого принципа разсмотримъ еще разъ и нѣкоторые другіе изъ нашихъ первыхъ опытовъ, чтобы прослѣдить въ этомъ новомъ направленіи; мы такимъ образомъ получимъ еще нѣсколько примѣровъ тройныхъ соединеній и еще разъ уяснимъ себѣ рѣшеніе между измѣренными и условными частицами.

Мы помнимъ результаты, полученные нами, пользуясь сильнымъ притяженіемъ хлора къ водороду. Дѣйствуя при надлежащихъ условіяхъ хлоромъ на воду, амміакъ и болотный газъ, мы получали хлористоводородную кислоту, при единовременномъ выдѣленіи кислорода, азота и углерода (ср. стр. 25, 29 и 94).

Для разрѣшенія занимавшихъ насъ тогда вопросовъ было бы совершенно безцѣльно указать, что при другихъ условіяхъ эти реакціи могутъ давать совершенно другіе результаты, что при медленно усиливающемся дѣйствіи хлора на воду, амміакъ и болотный газъ мы можемъ наблюдать явленія, напоминающія намъ дѣйствіе натрія на воду и амміакъ. Съ новой точки зрѣнія, раскрываемой намъ явленіями замѣщенія, эти явленія возбуждаютъ теперь нашъ живѣйшій интересъ.

Не вдаваясь въ частности, которыя отвлекли бы насъ отъ нашей цѣли, замѣтимъ, что при надлежащихъ условіяхъ дѣйствіе хлора на воду, аммiакъ и болотный газъ можетъ происходить такимъ образомъ, что кислородъ, азотъ и углеродъ, по превращеніи соединеннаго съ нимъ водорода въ хлористоводородную кислоту, не отдѣляются въ свободномъ состояніи, а соединяются съ хлоромъ,—съ числомъ атомовъ этого элемента, соотвѣтствующимъ числу атомовъ водорода, съ которымъ они прежде находились въ соединеніи. Такъ при дѣйствіи хлора

на H_2O она превращается въ Cl_2O,
» H_3N » » » Cl_3N,
» H_4C » » » Cl_4C.

Мы уже бѣгло коснулись этихъ хлористыхъ соединеній кислорода, азота и углерода, соотвѣтствующихъ водѣ, аммiаку и болотному газу, когда мы занимались опредѣленіемъ атомныхъ вѣсовъ элементовъ, помощью анализа и опредѣленія объемныхъ вѣсовъ ихъ летучихъ хлористыхъ соединеній (ср. стр. 173).

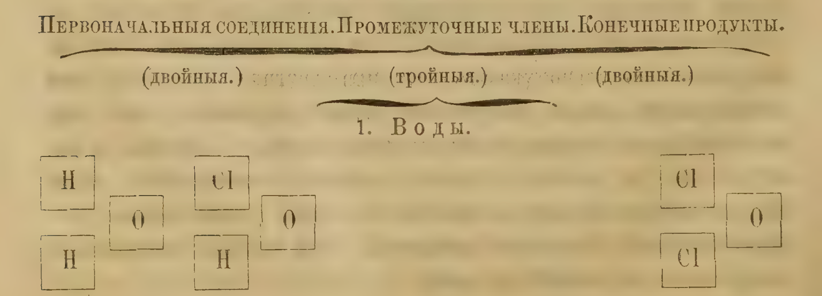
Эти оба ряда двойныхъ соединеній, изъ которыхъ второй представляетъ хлористыя соединенія, соотвѣтствующія водородистымъ соединеніямъ перваго ряда, показываютъ намъ, что во всякомъ случаѣ между каждыми двумя соотвѣтствующими тѣлами можетъ находиться одинъ или нѣсколько промежуточныхъ членовъ. Въ слѣдующей таблицѣ представлены графически конечные члены съ промежуточными.

Послѣдовательное разложеніе воды, аммiака и болотнаго газа хлоромъ.

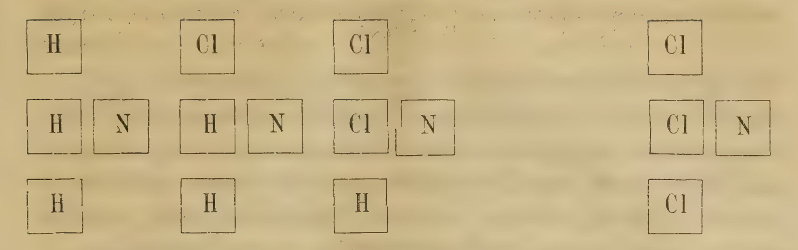
Первоначальныя соединенія. Промежуточные члены. Конечные продукты.

(двойныя.) (тройныя.) (двойныя.)

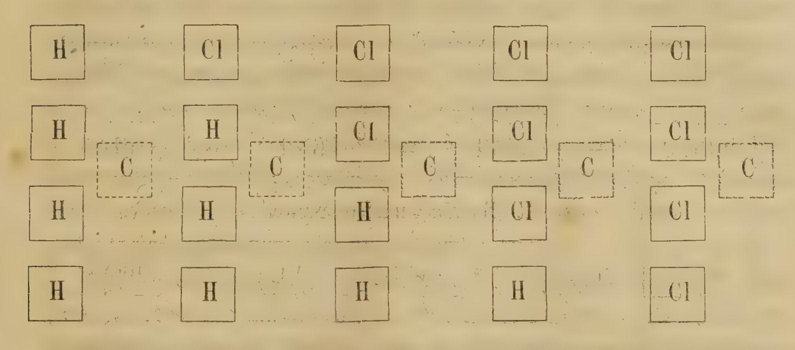
1. Воды.



2. Аммiака.



3 Болотнаго газа.



Между водой и соотвѣтствующимъ ей хлористымъ соединенiемъ, двухлористымъ кислородомъ, находится лишь одинъ тройной промежуточный продуктъ; между амміакомъ и соотвѣтствующимъ ему хлористымъ соединенiемъ, трех-хлористымъ азотомъ, находится два промежуточныхъ продукта; наконецъ между болотнымъ газомъ и соотвѣтствующимъ ему четырех-хлористымъ углеродомъ находятся три промежуточныхъ продукта. Мы не можемъ замѣтить здѣсь, что промежуточные члены ряда амміака, отчасти по причинѣ опасныхъ взрывовъ, которые они производятъ, до сихъ поръ не получены въ чистомъ состоянiи; тѣмъ не менѣе мы не можемъ сомнѣваться въ ихъ существованiи. Всѣ прочiя тѣла, приведенныя въ таблицѣ очень хорошо извѣстны по своему составу и свойствамъ.

Слѣдующiя графическiя равенства представляютъ послѣдовательное образованiе этихъ тѣлъ, рядомъ слѣдующихъ другъ за другомъ процессовъ замѣщенія.

Образованіе продуктовъ замѣщенія водорода хлоромъ.

1. Воды.

$$H_2O + Cl\,Cl = H\,Cl + H\,Cl\,O$$

$$H\,Cl\,O + Cl\,Cl = H\,Cl + Cl_2O$$

2. Аммiака.

$$H_3N + Cl\,Cl = H\,Cl + H_2\,Cl\,N$$

$$H_2\,Cl\,N + Cl\,Cl = H\,Cl + H\,Cl_2\,N$$

$$H\,Cl_2\,O + Cl\,Cl = H\,Cl + Cl_3\,N$$

3. Болотнаго газа

$$H_4C + Cl\,Cl = H\,Cl + H_3\,Cl\,C$$

$$H_3\,Cl\,C + Cl\,Cl = H\,Cl + H_2Cl_2\,C$$

$$H_2\,Cl_2\,C + Cl\,Cl = H\,Cl + H\,Cl_3\,C$$

$$H\,Cl_3\,C + Cl\,Cl = H\,Cl + Cl_4\,C$$

Эта таблица не только показываетъ, какъ образуются эти тѣла замѣщеніемъ — атомомъ за атомомъ — водорода хлоромъ, она представляетъ намъ и столь же важный фактъ, что всѣ продукты замѣщенія неизмѣнно сохраняютъ строеніе первоначальныхъ соединеній, изъ которыхъ они происходятъ.

Мы должны отказаться здѣсь отъ дальнѣйшаго разсмотрѣнія этого предмета; намъ теперь еще недостаетъ необходимаго матеріала для разсмотрѣнія явленій замѣщенія во всемъ ихъ объемѣ и во всей ихъ важности,—но само собою ясно, какую помощь должно оказать познаніе принципа замѣщенія для разрѣшенія, повидимому,

неразрѣшимой задачи—распредѣленія въ систему естественныхъ группъ ежедневно увеличивающагося множества химическихъ соединеній.

Изъ приведенныхъ примѣровъ ясно, что двойная частица можетъ превратиться въ тройную соединеніемъ съ другою двойною частицей (какъ при образованіи хлористоводороднаго амміака), или замѣщеніемъ извѣстнаго числа атомовъ одного изъ своихъ элементовъ соотвѣтственнымъ числомъ атомовъ другаго элемента. Въ послѣднемъ случаѣ группа атомосоединяющихъ силъ въ частицѣ не измѣняется. Въ приведенныхъ примѣрахъ мы конечно только видѣли, какъ однозначные атомы натрія и хлора замѣщали однозначные атомы водорода, но мы впослѣдствіи увидимъ, что это правило сохраняетъ свою силу во всѣхъ случаяхъ,—все равно какой значности выдѣляющіеся и замѣщающіе атомы, все равно представляютъ ли они одинаковую или различную значность. Это положеніе — одно изъ самыхъ важныхъ пріобрѣтеній современнаго химическаго изслѣдованія; все его значеніе намъ станетъ ясно въ продолженіе нашихъ занятій.

Кромѣ двухъ приведенныхъ путей превращенія двойной частицы въ тройную существуетъ еще третій путь, состоящій въ прямомъ соединеніи одного или нѣсколькихъ атомовъ третьяго элемента съ частицею, при чемъ она ничего не теряетъ изъ своихъ атомовъ.

Атомы кислорода совокупляются такимъ образомъ со всѣми нашими типическими соединеніями водорода и ихъ аналогами. Въ особенно высокой степени обладаетъ этимъ свойствомъ хлористоводородная кислота—типическое соединеніе, стоящее во главѣ нашей первой группы. Частица хлористоводородной кислоты (HCl) соединяется съ 1, 2, 3 и 4 атомами кислорода; при этомъ образуется рядъ четырехъ очень характерныхъ тройныхъ соединеній, которыхъ можно было бы считать окислами хлористоводородной кислоты и которыхъ составъ выражается слѣдующими формулами.

Окислы хлористоводородной кислоты:

$$HClO,\ HClO_2,\ HClO_3,\ HClO_4.$$

Аналогическія хлористоводородной кислотѣ бромистоводородная и

іодистоводородная кислоты обладаютъ тою же способностью лишь въ меньшей степени.

Этимъ притяженіемъ къ водороду отличаются и водородистыя соединенія нашей второй группы, хотя оно проявляется менѣе въ водѣ, стоящей въ главѣ этой группы, чѣмъ въ ея слѣдующихъ членахъ.

Изъ частицы воды (H_2O) образуется присоединеніемъ кислорода лишь одно соединеніе, перекись водорода (H_2OO), которое впрочемъ нелегко получается и которое не отличается постоянствомъ. Но аналоги воды, водородистыя соединенія сѣры и селена, представляютъ каждый по два очень хорошо извѣстныя соединенія, которыя образуются присоединеніемъ 3 и 4 атомовъ кислорода къ частицамъ сѣрнистаго и селенистаго водорода. Можетъ быть, существуютъ еще и соединенія съ 1 и 2 атомами кислорода, которыя будутъ со временемъ открыты, такъ что намъ можно быдетъ выразить рядъ этихъ соединеній слѣдующими формулами:

Окислы сѣрнистоводородной кислоты.

H_2SO (?), H_2SO_2 (?), H_2SO_3, H_2SO_4.

Первыя двѣ формулы представляютъ еще гипотетическіе члены ряда; но послѣднія двѣ формулы представляютъ два соединенія, важныя для теоріи и практики, сѣрнистую и сѣрную кислоты, съ которыми мы впослѣдствіи займемся подробнѣе.

Разсматривая въ этомъ же смыслѣ третью группу нашихъ водородистыхъ соединеній, оказывается, что ея различныя члены представляютъ весьма неодинаковое притяженіе къ кислороду. Лишь въ новѣйшее время удалось соединить съ кислородомъ прототипъ этой группы, амміакъ (H_3N), и то лишь въ одномъ отношеніи. За то фосфористый водородъ, аналогическій амміаку, отличается легкостью, съ какою его частица (H_3P) соединяется съ 2, 3 и 4 атомами кислорода въ опредѣленныя тѣла, такъ что для пополненія этого ряда остается открыть еще лишь одно соединеніе фосфорнаго водорода съ кислородомъ, именно первое соединеніе:

Окислы фосфористаго водорода.

H_3PO (?), H_3PO_2, H_3PO_3, H_3PO_4.

Наша четвертая и послѣдняя группа водородистыхъ соединеній, примыкающая къ болотному газу, представляетъ до сихъ поръ лишь одно тройное кислородное соединеніе. Я говорю о тѣлѣ, образующемся изъ болотнаго газа,

$$H_4CO,$$

съ которымъ мы послѣ познакомимся подъ названіемъ метилеваго алкоголя и котораго замѣчательныя свойства и разнообразныя превращенія достаточно вознаграждаютъ насъ за недостатокъ другихъ тройныхъ кислородныхъ соединеній группы болотнаго газа. Съ метилевымъ алкоголемъ мы вступаемъ въ новую область, самую богатую и прекрасную изъ всѣхъ областей, черезъ которыя намъ придется проходить.

Но тутъ мы должны прекратить пока на время нашъ путь. Мы достигли границы этого краткаго введенія, — его цѣль, на сколько это зависѣло отъ моихъ силъ, достигнута. Но прежде чѣмъ разстанемся, остановимся — подобно путникамъ — на мгновеніе, чтобы съ достигнутой высоты обозрѣть пройденный путь. Другими словами, постараемся повторить вкратцѣ важнѣйшіе факты, пріобрѣтенные нами опытомъ, и основныя истины, выведенныя нами изъ этихъ фактовъ, чтобы запечатлѣть ихъ навсегда въ памяти.

Исходною точкой нашихъ занятій мы выбрали воду, которой сложный характеръ мы раскрыли однимъ изъ самыхъ прочныхъ и прекрасныхъ опытовъ.

Мы видѣли, какъ шарикъ калія загорается въ прикосновеніи съ водой, при чемъ изъ нея выдѣляется горючій газъ—водородъ. Этотъ газъ оказался самымъ легкимъ изъ всѣхъ тѣлъ, почему мы и выбрали его единицею для сравненія объемныхъ или удѣльныхъ вѣсовъ газообразныхъ тѣлъ.

Намъ удалось выдѣлить водородъ помощью того же простаго средства изъ двухъ другихъ тѣлъ, газообразныхъ въ чистомъ состояніи, изъ хлористоводородной кислоты и амміака; эти тѣла менѣе общеизвѣстны, но имѣютъ самое обширное примѣненіе въ искусствахъ и ремеслахъ.

Ближайшее разсмотрѣніе этихъ трехъ источниковъ водорода познакомило насъ съ тремя другими газами, съ хлоромъ, кисло-

родомъ и азотомъ, которые соединены съ водородомъ въ хлористоводородной кислотѣ, водѣ и амміакѣ.

Изученіе хлора, кислорода и азота познакомило насъ въ первомъ съ однимъ изъ сильнѣйшихъ химическихъ дѣятелей, во второмъ съ не менѣе энергическимъ дѣятелемъ горѣнія, наконецъ въ третьемъ съ тѣломъ, которое относительно своего притяженія представляетъ противуположность двумъ первымъ.

Аналитическое разложеніе хлористоводородной кислоты, воды и амміака показало намъ, что эти тѣла состоятъ изъ водорода, хлора, кислорода и азота, а синтетическое образованіе этихъ тѣлъ—насколько оно возможно—равно какъ и результаты прямаго взвѣшиванья показало намъ, что водородъ и хлоръ, водородъ и кислородъ, водородъ и азотъ представляютъ ихъ единственныя составныя части.

Эти факты естественнымъ образомъ привели насъ къ мысли объ элементѣ въ противуположность къ сложному тѣлу; водородъ, хлоръ, кислородъ и азотъ, какъ примѣры элементовъ, хлористоводородная кислота, вода и амміакъ, какъ представители сложныхъ тѣлъ или соединеній пріобрѣли для насъ съ этой новой точки зрѣнія большій итересъ.

При дальнѣйшемъ изученіи этихъ соединеній мы узнали отношенія по объему и вѣсу, въ которыхъ соединены въ нихъ элементарныя составныя части.

Мы видѣли, что съ единицею объема хлора, кислорода и азота, представляющею вѣса 35,5, 16 и 14, водородъ соединяется по объему и вѣсу въ отношеніи 1 къ первому газу, 2 ко второму и 3 къ третьему газу.

Не смотря на неодинаковость числа единицъ объема газообразныхъ составныхъ частей, соединяющихся для образованія хлористоводородной кислоты, воды и амміака, мы находили однако объемы образовавшихся соединеній въ газообразномъ состояніи совершенно одинаковыми и равными 2 единицамъ объема; мы такимъ образомъ узнали, что сжатіе элементовъ въ этихъ трехъ соединеніяхъ идетъ рука объ руку съ увеличеніемъ числа единицъ объема элементарныхъ составныхъ частей.

Съ познаніемъ этихъ отношеній экспериментальное изслѣдованіе хлористоводородной кислоты, воды и амміака достигло для

насъ пока своего предѣла, но пріобрѣтенные факты получили для насъ затѣмъ еще большее значеніе, благодаря тому обстоятельству, что эти три соединенія оказались опредѣленными образцами строенія трехъ группъ соединеній, что хлоръ, кислородъ и азотъ оказались прототипами трехъ группъ элементовъ, отличающихся подобными свойствами.

Къ хлористоводородной кислотѣ, водѣ и амміаку присоединилось скоро четвертое типическое соединеніе водорода. Въ углеродѣ мы познакомились съ первымъ не летучимъ элементомъ, котораго водородистое соединеніе, болотный газъ, заключило нашъ рядъ типическихъ соединеній водорода. Мы видѣли, что наши три типическіе газообразные элементы соединены въ одинаковомъ производномъ объемѣ (двухъ единицахъ объема) съ 1, 2 и 3 объемами водорода. Въ производномъ объемѣ болотнаго газа мы нашли не летучій углеродъ въ соединеніи съ 4 объемами водорода.

Отсюда это немного отдѣльное положеніе болотнаго газа въ группѣ нашихъ типическихъ соединеній водорода; мы должны были принять во вниманіе его различія отъ прочихъ тѣлъ этой группы, происходящія отъ нелетучести углерода, но не могли не признать и его тѣсной связи съ этими тѣлами, выражающейся въ постоянномъ увеличеніи водорода въ этихъ четырехъ соединеніяхъ, равно какъ и въ постоянно возрастающемъ отношеніи сжатія ихъ составныхъ элементовъ.

Познаніе типическихъ элементовъ и ихъ типическихъ соединеній съ водородомъ естественно вело насъ къ изученію другихъ элементовъ и соединеній, принадлежащихъ этимъ типамъ. Мы такимъ образомъ познакомились съ бромомъ и іодомъ, какъ съ аналогами хлора, и съ ихъ соединеніями съ водородомъ, какъ аналогами хлористоводородной кислоты. Подобнымъ образомъ къ кислороду и его соединенію съ водородомъ, водѣ, примкнули сѣра и селенъ и ихъ соединенія съ водородомъ. Къ азоту и его соединенію съ водородомъ, амміаку, примкнули фосфоръ и мышьякъ съ фосфористымъ и мышьяковистымъ водородомъ. На ряду съ углеродомъ мы поставили кремній и титанъ, а для окончательно еще не изслѣдованнаго соединенія кремнія съ водородомъ мы приняли строеніе болотнаго газа.

Эти четыре группы типическихъ элементовъ и соединеній пред-

ставили намъ зерно обширнаго пониманія и естественной классификаціи тѣлъ на виды, изъ которыхъ каждый, при всей свободѣ индивидуальнаго характера отдѣльныхъ членовъ, явно отличается опредѣленными свойствами.

Въ продолженіе этихъ экспериментальныхъ изслѣдованій образовались наши первыя воззрѣнія о сущности химическихъ явленій и мало по малу раскрывалось намъ значеніе нашей науки. Мы познакомились съ основаніями, на которыхъ тѣла окружающія насъ дѣлятся на простыя и сложныя; мы познакомились съ отличіями химическихъ соединеній отъ механическихъ смѣсей; мы узнали отношенія, въ которыхъ элементы соединяются между собою, по объему и вѣсу, и неизмѣняемость, которою отличаются эти отношенія соединенія.

Расширяя такимъ образомъ по всѣмъ направленіямъ наше познаніе о законности въ химическихъ соединеніяхъ, мы имѣли достаточно случаевъ заниматься составленіемъ химическихъ аппаратовъ, которымъ мы обязаны пріобрѣтеніемъ этихъ познаній, и пріобрѣсти ловкость въ ихъ употребленіи. Мы обращали особенное вниманіе на выдѣленіе, высушиваніе, собираніе и измѣреніе газовъ, при чемъ мы постоянно оживляли въ своей памяти познаніе о вліяніи температуры и давленія на объемъ газовъ.

При нашихъ аналитическихъ и синтетическихъ опытахъ мы часто прибѣгали къ содѣйствію — кромѣ собственно химическихъ силъ матеріи — къ содѣйствію электричества, свѣта и теплоты, для произведенія извѣстныхъ реакцій; при этомъ мы нерѣдко были свидѣтелями замѣчательныхъ явленій, сопровождающихъ многія изъ этихъ реакцій. Едва замѣтныя явленія свѣта и теплоты, какъ мы видѣли, возвышались иногда до очень высокой степени. Мимоходомъ мы обращали вниманіе и на средства для возбужденія физическихъ силъ, напр. электричества, равно какъ и на ихъ приложеніе къ изученію химическихъ явленій.

Мы не могли пускаться въ подробное разсмотрѣніе отдѣльныхъ элементовъ и ихъ соединеній; даже раскрывавшіеся намъ по временамъ общіе взгляды мы не должны были прослѣдить въ болѣе обширныхъ размѣрахъ, чѣмъ сколько это нужно было для цѣлей нашихъ занятій.

Мы неоднократно чувствовали влеченіе въ боковыя дорожки,

которыя развѣтвлялись отъ нашего пути; такъ влѣзающаго на верхушку дерева часто привлекаютъ боковыя вѣтви, богатыя плодами, которыя онъ, слѣдуя своей цѣли, долженъ оставлять за собою. Мы лишь рѣдко поддавались этому влеченію; хотя мы не пренебрегали цвѣтками, встрѣчавшимися намъ по дорогѣ, мы все таки не должны были упустить изъ виду нашей главной цѣли.

Въ этомъ смыслѣ, не желая выйти изъ преднамѣренно начертаннаго нами тѣснаго круга изслѣдованія, мы разсмотрѣли взаимныя отношенія элементовъ, которые мы до тѣхъ поръ разсматривали лишь по ихъ отношенію къ водороду; выбирая и тутъ одинъ изъ множества возможныхъ случаевъ, мы разсмотрѣли соединенія азота съ кислородомъ. Это разсмотрѣніе открыло намъ новое поле: между тѣмъ какъ мы до тѣхъ поръ знали лишь о соединеніяхъ двухъ элементовъ въ одномъ отношеніи, рядъ соединеній азота съ кислородомъ впервые познакомилъ насъ съ обширнымъ закономъ соединенія въ кратныхъ отношеніяхъ.

По мѣрѣ расширенія нашего кругозора, по мѣрѣ увеличенія нашихъ познаній мы чувствовали необходимость дать пріобрѣтеннымъ познаніямъ болѣе краткія и ясныя выраженія, чѣмъ сколько это возможно помощью обыкновенной рѣчи; мы постарались выразить графически цѣлые ряды явленій, которые трудно было бы выразить иначе въ ихъ взаимной связи и въ ихъ зависимости отъ общихъ законовъ.

Мы рѣшились выражать наши объемы газовъ квадратами, въ которыхъ вставляли начальныя буквы названій соотвѣтственныхъ элементовъ и ихъ объемные вѣса. Такимъ образомъ мы положили основаніе символическому языку знаковъ, который мы могли обогащать и упрощать въ продолженіе нашихъ занятій, съ одной стороны примѣняя его къ каждому новому факту, съ которымъ мы познакомились, съ другой стороны лишая его нѣкоторыхъ формъ, которыя хотя очень полезны при обученіи, но затрудняли бы живой обмѣнъ химическихъ знаній.

Чтобы придать конкретное значеніе отношеніямъ объема и вѣса, которыя до тѣхъ поръ имѣли для насъ абстрактный характеръ, мы должны были выбрать извѣстную систему мѣры и вѣса, а изъ нея выбрать наши единицы мѣры и вѣса.

Нашъ выборъ палъ на прекрасную французскую метрическую систему мѣры и вѣса, которую мы разсматривали съ особенною любовью и, можетъ быть, немного дольше, чѣмъ сколько это абсолютно необходимо было бы для нашей цѣли. Но эта система дала намъ граммъ, нашу единицу вѣса, и литръ, нашу единицу объема, и мы поэтому безъ особеннаго неудовольствія можемъ взирать на это небольшое отступленіе отъ нашего пути.

Къ этимъ единицамъ мѣры и вѣса, заимствованнымъ нами изъ метрической системы, мы рѣшились присовокупить еще одну единицу вѣса, для особенныхъ цѣлей нашихъ занятій. Легкость перехода отъ вѣса къ объему и отъ объема къ вѣсу, которою отличается метрическая система, возможно только для твердыхъ и жидкихъ тѣлъ, которыхъ объемные вѣса мы относимъ къ водѣ какъ къ единицѣ. Чтобы сдѣлать возможнымъ такой переходъ и для тѣлъ въ газообразномъ состояніи, на которые мы почти исключительно обращали наше вниманіе, мы рѣшились принять единицею сравненія объемныхъ вѣсовъ газовъ вѣсъ одного литра водорода, нашего нормальнаго элемента. Мы назвали вѣсъ 1 литра водорода, при нормальныхъ условіяхъ температуры и давленія (0,0896 грамма), критомъ, такъ что объемные вѣса газовъ и паровъ выражали намъ въ критахъ абсолютные вѣса 1 литра каждаго изъ нихъ, при нормальныхъ условіяхъ температуры и давленія.

Связь конкретныхъ значеній съ формулами элементовъ и ихъ соединеній дала гораздо большее значеніе нашему языку знаковъ, какъ способу выраженія наблюденныхъ явленій и какъ орудію для ихъ изслѣдованія.

Съ этими данными мы вступили въ область умозрѣніи. Мы старались объяснить наблюденныя явленія. Гипотетическое ученіе о матеріи должно было объяснить намъ замѣчательныя отношенія объема и вѣса, въ которыхъ происходятъ реакціи. Что такое матерія? Изъ какихъ частей она состоитъ? Чѣмъ обусловливается ея твердое, жидкое и газообразное состояніе? Какъ понять строеніе газовъ? Вотъ занимавшіе насъ при этомъ вопросы.

Стараясь разрѣшить эти вопросы, мы должны были допустить троякое дѣленіе матеріи—молярное, молекулярное и атомистическое, — при чемъ мы оставили безъ разрѣшенія вопросъ о

дѣлимости матеріи до безконечности. Особенно при изученіи газовъ мы должны были привести въ связь —правда, еще ближе неопредѣленную —свойственную имъ силу упругости съ теплотой. Теплотѣ, которая становится скрытою при переходѣ льда въ воду и воды въ паръ, мы естественно приписали упругость пара. Такъ какъ мы нашли, что свойства упругости всѣхъ газовъ, простыхъ и сложныхъ, совершенно одинаково измѣняются отъ измѣненія давленія и температуры, то мы естественно могли допустить одинаковое строеніе для всѣхъ этихъ тѣлъ, т. е. допустить, что всѣ эти тѣла состоятъ изъ одинаковаго числа частицъ въ одинаковыхъ объемахъ, такъ что эти частицы должны имѣть во всѣхъ газахъ одинаковую величину.

Въ смыслѣ этихъ воззрѣній нашъ языкъ знаковъ пріобрѣлъ новое значеніе. Наши четырехъ-угольники перестали представлять одни только объемы и объемные вѣса,—они стали для насъ символами атомовъ и частицъ, которыхъ движеніе въ разнообразныхъ процессахъ соединенія и разложенія ясно представлялось нашему воображенію. Въ нашихъ формулахъ, которыя съ удивительною гибкостью примѣнялись къ новымъ воззрѣніямъ, отражались всѣ результаты, къ которымъ привели насъ наши изслѣдованія о характерѣ матеріи. Двуатомное строеніе частицъ типическихъ элементовъ, многоатомное и даже одноатомное строеніе другихъ элементарныхъ частицъ, различная значность атомовъ и отношеніе между атомными и эквивалентными вѣсами самымъ удовлетворительнымъ образомъ выражались въ нашихъ формулахъ.

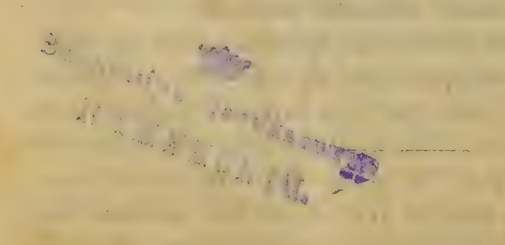
Затѣмъ мы остановились на короткое время на разсмотрѣніи соединеній высшихъ порядковъ. Мы видѣли какъ они образуются изъ двойныхъ соединеній совокупленіемъ частицъ съ частицами, замѣщеніемъ однихъ атомовъ другими, наконецъ простымъ соединеніемъ атомовъ съ готовыми двойными частицами.

Мы еще въ этой главѣ разсмотрѣли тройныя соединенія, образованныя тремя названными процессами, когда мы еще разъ разсмотрѣли съ новой точки зрѣнія тѣла, надъ которыми развились наши первыя химическія понятія. Мы не могли долго останавливаться надъ продуктами этаго рода, но мы не упустили собрать характерныя черты группъ и передать ихъ—на сколько возможно было при такомъ скудномъ матеріалѣ — въ ясной картинѣ. Мы бѣгло

коснулись уменьшенія постоянства, свойственнаго нѣкоторымъ изъ частицъ высшаго порядка, склонности этихъ частицъ, особенно подъ вліяніемъ теплоты, разлагаться на болѣе простыя частицы, явленій, выражаемыхъ словомъ «диссосіація», постепеннаго развитія рядовъ тройныхъ соединеній изъ двойныхъ, дѣйствіемъ третьяго элемента, и замыканія этихъ рядовъ двойнымъ соединеніемъ дѣйствующаго элемента, аналогіи строенія двухъ конечныхъ членовъ каждаго ряда и наконецъ сохраненія даннаго типа строенія во всѣхъ тройныхъ промежуточныхъ членахъ. Но мы уже быстро стремились къ нашей цѣли, такъ что эти предметы подъ конецъ не могли насъ долго удерживать. Метиловый алкоголь представившійся подъ самый конецъ на нашемъ горизонтѣ, лежитъ уже за предѣлами области, которою мы должны были пока ограничиваться.

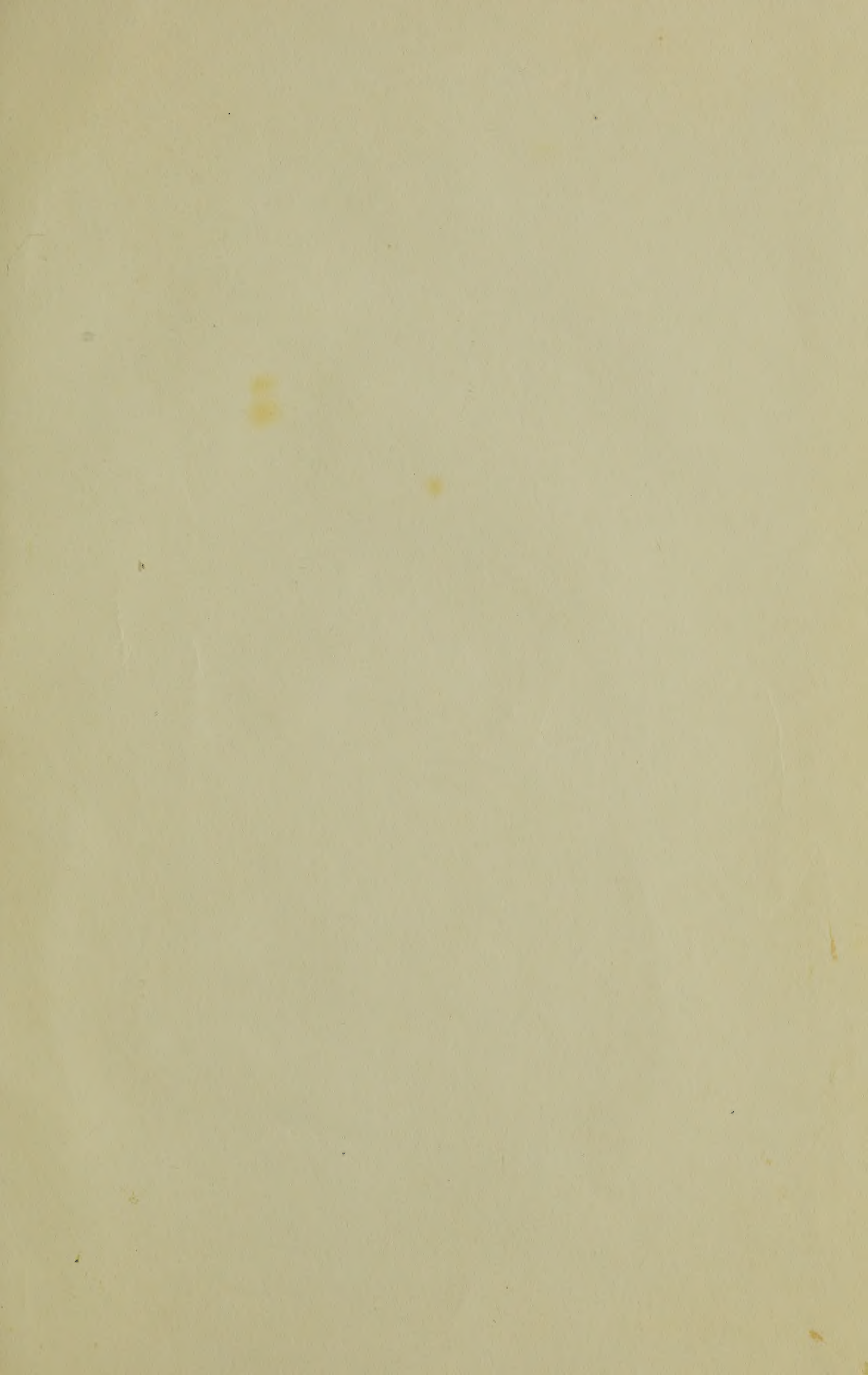
Въ заключеніе авторъ спрашиваетъ себя, можетъ ли содержаніе этихъ лекцій быть полезной приготовительною школой для изученія неизмѣримой области химическихъ явленій?

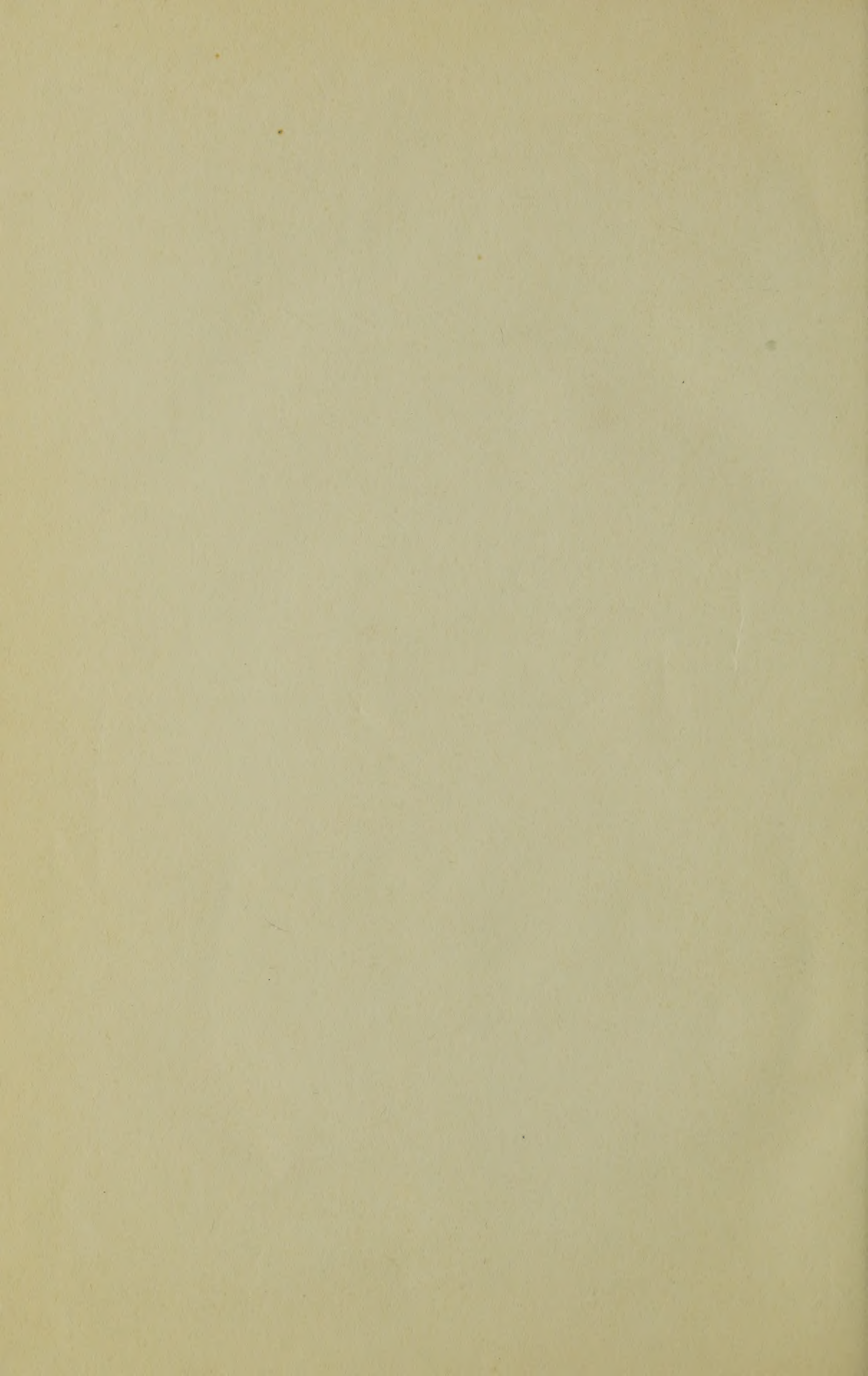
Многіе пути ведутъ въ неизвѣстную страну и далеко растянутая граница можетъ быть пройдена во многихъ точкахъ. Но не всѣ дороги одинаково хороши, не всѣ переходы одинаково легки. Отъ путеводителя мы ожидаемъ, чтобъ онъ указалъ намъ самый краткій и вѣрный путь, по которому намъ представлялось бы мимоходомъ побольше привлекательнаго, побольше полезнаго. Оказался ли авторъ этого курса такимъ опытнымъ путеводителемъ? Кто можетъ лучше отвѣтить на этотъ вопросъ чѣмъ тѣ, которые поручили себя его веденію. Если пройденное пространство возбудило желаніе глубже и глубже вникнуть въ область нашей науки, если собранныя вами познанія укрѣпили довѣріе къ избранному нами пути, то цѣль этого курса вполнѣ достигнута.

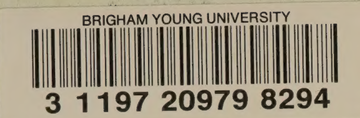


ЗАМѢЧЕННЫЯ ОПЕЧАТКИ:

					Напечатано:	Слѣдуетъ:
Стр.	5.	Строка	7	снизу:	ретортѣ	колбѣ
»	»	»	3	»	бутылки	колбы
»	6	»	14	сверху	реторты	колбы
»	»	»	15	»	реторты	колбы
»	70	»	19	снизу	фосфористаго	сѣрнистаго
»	»	»	14	»	фосфористый	сѣрнистый
»	»	»	11	»	газообразнаго фосфора	газообразной сѣры
»	»	»	10—11	»	фосфоръ	сѣра
»	»	»	4	»	фосфористомъ	сѣрнистомъ
»	97	»	6	»	водорода	болотнаго газа
»	104	»	8	»	водородомъ	воздухомъ






BRIGHAM YOUNG UNIVERSITY
3 1197 20979 8294

